

Zbornik seminarских nalog
pri predmetu

PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,
2013/2014

Uredil:
izr. prof. dr. Jure Ravnik



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija

PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

zimski semester, 2013 – 2014

ZBORNIK SEMINARSKI NALOG

Uredil:

izr. prof. dr. Jure Ravnik

V zborniku so zbrane naloge, ki so jih izdelali študenti drugega letnika Tehniškega varstva okolja pri predmetu Prenosni pojavi v okolju. Naloge so bila ustno predstavljene v okvirju seminarja pri predmetu.

Izdalo in založilo:

Fakulteta za strojništvo
Smetanova 17, 2000 Maribor
Januar 2014

Tisk in vezava:

Dokument je na voljo v digitalni obliki pri uredniku.

Kazalo

Napovedovanje višine morja, <i>A. Grobin</i>	1
CO_2 , viri in razširjanje po ozračju, <i>L. Jug</i>	18
Napovedovanje vremena, <i>B. Šrot</i>	36
Napovedovanje vremena, <i>K. Barta</i>	48
Odstranjevanje SO_2 iz dimnih plinov, <i>A. Šebjanič</i>	67
Prenos zvoka, ki ga generirajo avtomobili na avtocesti in učinkovitost protihrupnih ograj, <i>K. Potočnik</i>	81
Potresi, <i>T. Novak</i>	102
Radioaktivnost, <i>N. Edelbaher</i>	117
Razširjanje dimnih plinov po ozračju, <i>R. Širc</i>	138
Razširjanje nafte v morju, <i>S. Krajnc</i>	161
Razširjanje radioaktivnih snovi po nesreči v Černobilu, <i>B. Koprivnik</i>	178
Vulkani, <i>N. Dežman</i>	203
Adsorpcija kot proces, s katerim odstranjujemo onesnaževala, <i>U. Drozg</i>	216

Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo, <i>M. Rožič</i>	225
Razširjanje radioaktivnih snovi po nesreči v Fukušimi, <i>V. Spahič</i>	238
Zakaj izginja veliki koralni greben v Avstraliji, <i>J. Potočnik</i>	252



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Univerzitetni študijski program Tehniško varstvo okolja – 1. Stopnja

Seminarska naloga pri predmetu

Prenosni pojavi v okolju

Napovedovanje višine morja

Podatki o študentu

Ime in priimek	Aleksander Grobin
Vpisna številka	S1017946

Maribor, december 2013

Kazalo

Kazalo slik	II
1. Uvod.....	1
2. Plimovanje	2
2.1. Opis plimovanja	3
2.2. Značilnosti plimovanja	4
2.3. Napovedovanje plime in oseke.....	6
2.3.1. Prognoza astronomske plime.....	6
2.3.2. Prognoza residualne plime	7
2.3.3. Opis modeliranja z umetno nevronske mrežo	8
3. Dvig morske gladine zaradi globalnega segrevanja.....	10
3.1. Merjenje morske gladine	11
3.2. Scenariji in napovedi za prihodnost	12
4. Zaključek	14
5. Viri in literatura	15

Kazalo slik

Slika 1: Pasovi bibavice	4
Slika 2: Delovanje Lune in Sonca na Zemljo.....	5
Slika 3: Zgradba umetne nevronske mreže	7
Slika 4: Visoka plima	9
Slika 5: Slika prikazuje graf naraščanja višine morske gladine	12
Slika 6: Slika prikazuje tabelo scenarijev RCP	13

1. Uvod

V seminarski nalogi bom na kratko predstavil napovedovanje višine morja. V prvem delu seminarske naloge bom predstavil spreminjanje višine vodne gladine zaradi vplivov gravitacijskih sil oziroma plimovanja, v drugem delu naloge pa bom predstavil napovedovanje dviga morja zaradi podnebnih sprememb oziroma globalnega segrevanja ozračja.

2. Plimovanje

Plimovanje oziroma bibavica je naravni pojav, ki opisuje pojav izmeničnega spreminjanja višine vodne gladine morja. Podatki o opazovanju plimovanja segajo v leto 2450 pr.n.št., v čas prve ladjedelnice, ki se je že prilagajala plimovanju. V obdobju med leti 2000 in 1400 pr.n.št. pa so plimovanje že napovedovali z uporabo luninih men. S problemom plimovanja se je med drugimi ukvarjal tudi Aristotel, ki si ni uspel razložiti pojava močnih tokov med Evbejskim otočjem in grško celino, čeprav je tokove povezal z luninimi menami. Raziskovalci so kasneje ugotovili, da je plimovanje povezano z enakonočjem, saj so videli, da je plimovanje največje v spomladanskem oziroma jesenskem času. S problem so se ukvarjali tudi Galileo Galilej, Descartes in Kepler. Da je plimovanje posledica pospeškov zaradi kroženja Zemlje okoli Sonca in vrtenja Zemlje okoli svoje lastne osi je trdil Galileo Galilej. Menil je tudi, da je plimovanje odvisno od oblike dna. Francoski filozof Descartesa je bil mnenja, da do plimovanja prihaja, ker se v vesolju nahaja snov, na katero Luna s kroženjem okoli Zemlje pritiska in s tem povečuje pritisk na določenih predelih Zemlje. Razliko v višini gladin po svetu je opisal tudi Kepler, ki je trdil, da Luna s svojo privlačnostjo privlači vse vode na Zemlji. Od vseh teorij se je Keplerjeva kasneje izkazal kot najbolj verjetna in Isaac Newton jo je kasneje še matematično potrdil¹.

Newton je formuliral gravitacijski zakon ter logično povezal vse dotedanje znanje o silah in gibanju. Z uporabo modela dveh teles z masama m_1 in m_2 , ki se med seboj privlačita za neko silo, imenovano gravitacijska sila, ki je premo sorazmerna s produktom mase in obratno sorazmerna z razdaljo med težišči teles na kvadrat je Newton razložil gravitacijski zakon².

Gravitacijski zakon:
$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Kasneje je Henry Cavendish določil še gravitacijsko konstanto G , kjer je $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$ in tako določil gravitacijski pospešek Zemlje.

Gravitacijski pospešek:
$$g = \frac{GM_Z}{R_Z^2}$$

¹ Parovel Tomaž. *Bibavica*. Str 3

² Parovel Tomaž. *Bibavica*. Str 6

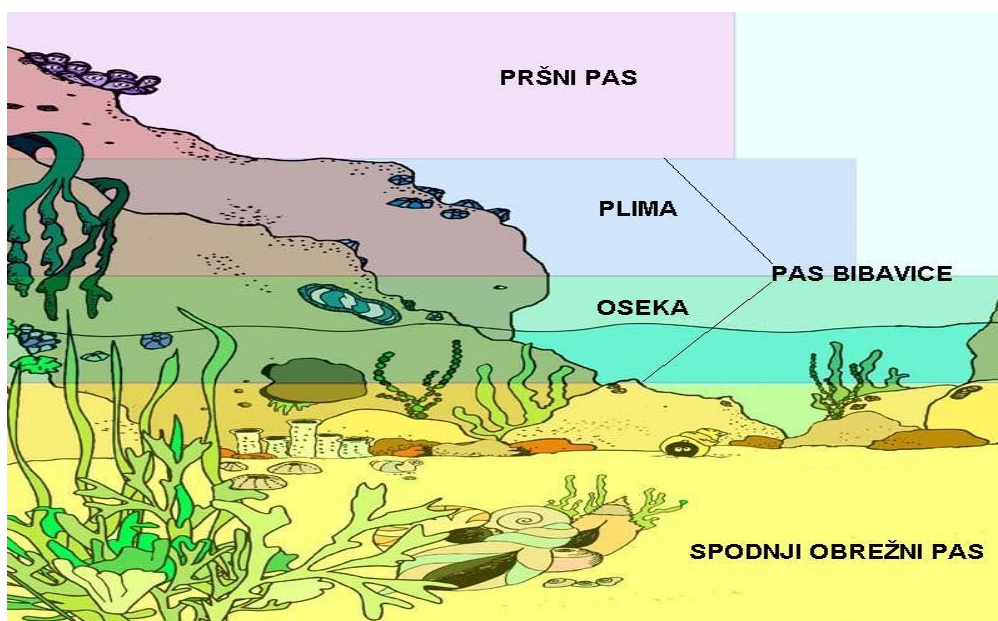
- polmer Zemlje je $R_z = 6378 \text{ km}$
- masa Zemlje je $M_z = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Plimo in oseko je prvi pojasnil Newton s pomočjo zakonov, ki jih je vpeljal (Newtoni zakoni). Newton je iz gravitacijskega zakona pravilno sklepal, da Zemlja vpliva na Luna in slednja vpliva na Zemljo. Luna pa na Zemljo ne deluje zgolj kot celoto, ampak deluje tudi na vse snovi na Zemlji, tudi na vodovje.

2.1. Opis plimovanja

Na bibavico oziroma plimo in oseko torej vpliva gravitacijska sila Lune in v manjši meri tudi gravitacijska sila Sonca³. Strokovno jo definiramo, kot periodično premikanje vode, ki je v svoji amplitudi in fazi neposredno povezano s katerokoli periodično geofizikalno silo. Spreminjanje lokalne težnosti predstavlja največjo geofizikalno silo, ki je posledica periodičnih gibanj Zemlje, Sonca in Lune. To gibanje imenujemo težnostno ali astronomsko plimovanje. Vsaka sprememba vodostaja morja ima komponento plimovanja in komponento, ki ni povezana s plimovanjem. Zato razlikujemo med astronomskim plimovanjem, ki nastane zaradi težnosti in t.i. residualnimi višinami, ki so posledica vseh drugih fizikalnih vplivov na vodostaj (predvsem veter, zračni tlak, globina morja, konfiguracija obale itd.). Če so vremenski pogoji različni od normalnih, se tudi računске vrednosti ne ujemajo. Na splošno veter s kopnega in visok zračni pritisk zmanjšujeta nivo morja in obratno, veter z morja in nizek pritisk povišujeta nivo morja.

³ *Bibavica*. Wikipedija.



Slika 1: Pasovi bibavice

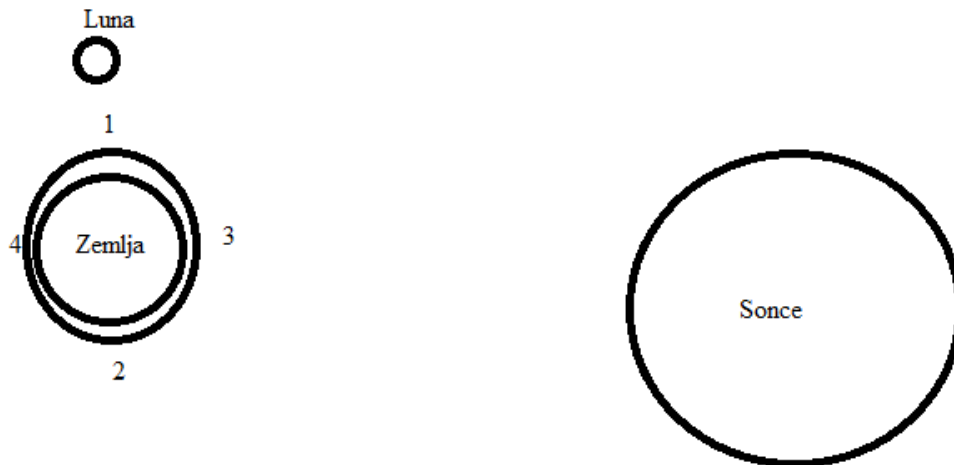
(Vir: http://www2.pef.uni-lj.si/kemija/execrp/02_na_meji_med_morjem_in_kopnim/obala_pasovi_SLO.jpg)

Slika prikazuje pas bibavice v času plime in oseke. Tako vidimo, da v času plime voda zaradi gravitacijskih sil ali drugih fizikalnih pogojev naraste, v času oseke pa se meja gladine vode spusti.

2.2. Značilnosti plimovanja

Pri plimovanju nastajata plima oziroma visoka voda in oseka oziroma nizka voda. Višina plime in oseke ni stalna, ampak se s časom spreminja. Plimovanje je na Zemlji največje, ko se vpliva Lune in Sonca seštejeta oziroma, ko Sonce, Luna in Zemlja ležijo na isti premici, kar se zgodi dvakrat na mesec (v času polne lune in mlaja). Ko Luna, Sonce in Zemlja ne ležijo na isti premici je plimovanje manjše, saj Sonce in Luna na morje delujeta vsak v svoji smeri stran. Velikost plime in oseke pa je odvisna tudi od letnega časa. Največje razlike se namreč pojavijo v času spomladanskega in jesenskega enakonočja, kar je posledica nagnjenosti osi, okoli katere se Zemlja vrti, glede na ravnino gibanja okoli Sonca.

Na Zemlji oba pojava potekata na dveh koncih hkrati, tako plima nastopi na strani, ki gleda proti Luni in na nasprotni strani, oseki pa se pojavita pravokotno glede na plimi. Na vsaki točki morja se dnevno pojavita dve plimi, ena visoka in ena nizka ter dve oseki, ravno tako ena visoka in ena nizka. Povprečno nastopi visoka plima v intervalu 12 ur in 24 minut, pri tem 12 ur zaradi rotacije Zemlje in 24 minut zaradi Luninega vrtenja okrog Zemlje⁴.



Slika 2: Delovanje Lune in Sonca na Zemljo

Na sliki je prikazano delovanje Lune in Sonca na plimovanje. Točka 1 predstavlja najvišjo plimo, ki nastane kot posledica gravitacijskih in centripetalnih sil. Na od Lune oddaljeni strani (točka 2) se prav tako pojavi centripetalna sila, ki deluje navzven, stran od smeri Luna – Zemlja, zato se tudi tam pojavi plima, ki pa je v primerjavi s plimo v točki 1 manjša. Točka 3 in 4 predstavljata oseki. Oseka je večja v točki 3, saj na njo vplivajo tudi sile med Zemlja in Soncem.

⁴ *Bibavica*. Wikipedija.

2.3. Napovedovanje plime in oseke

2.3.1. Prognoza astronomske plime

Najpomembnejša fizikalna parametra za določevanje višine morja sta razlika v višini plime in oseke ter periodni čas med dvema najvišjima ali najnižjima točkama. Razlika v višini se odmeri na najvišji in najnižji točki odmika od povprečne vrednosti morske gladine. Če bi imeli idealne pogoje, kjer bi bila bibavica odvisna le od gibanja nebesnih teles bi lahko enačbo zapisali kot:

$$X(t) = H_x \cos(\omega_x t - g_x),$$

kjer je $X(t)$ amplituda morskega nivoja v času t , H_x je amplituda oscilacije, g_x je faza zamika glede na izbrano začetno točko opazovanja in ω_x je kotna hitrost, ki je zapisana s časovno periodo λ , $\lambda = 2\pi / \omega_x$.

V praksi pa se uporablja nekoliko bolj zapleten zapis nihanja gladine, ki ga navaja Pugh, in sicer:

$$X(t) = Z_0(t) + T(t) + S(t),$$

kjer $Z_0(t)$ predstavlja srednjo višino morja, ki se rahlo spreminja s časom, $T(t)$ je plimski odklon od povprečne vrednosti $Z_0(t)$ in $S(t)$ odstopanje zaradi meteoroloških dejavnikov oziroma plimni residual (residualno višino morja)⁵. Lahko bi omenili še, kako na cikel plimovanja vplivajo druga nebesna telesa; toda ta so v primerjavi z Luno oddaljena še dosti dlje in imajo poleg tega tudi zelo majhne mase. Njihove vrednosti potemtakem ne pridejo do izraza, zato jih lahko zanemarimo.

Osnovna komponenta za napovedovanje višine morja je torej signal astronomske plime $T(t)$ ⁶. Za prognozo astronomske plime se uporablja program `t_tide`, ki deluje v okolju Matlab (Pawlowicz). Paket s harmonično analizo identificira osnovne harmonske komponente, z metodo najmanjših kvadratov konstruira trigonometrijsko vrsto plimnih komponent, ki se

⁵ Ličer Matjaž. *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju 2010*. Str. 44

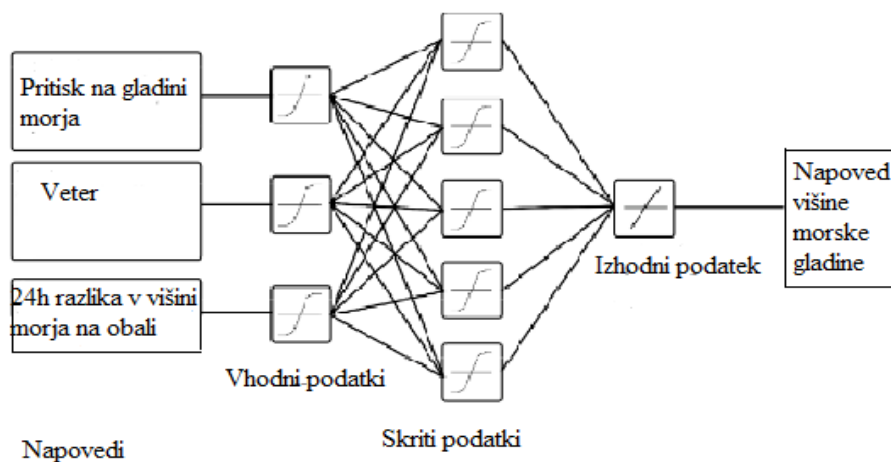
⁶ Ličer Matjaž. *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju 2010*. Str. 44

najbolje prilega merjenemu signalu, ter nato v časovni vrsti merjenih višin morja razklopi tako določeni plimni signal od residualnega.

2.3.2. Prognoza residualne plime

Na plimovanje vplivajo tudi oblika obale, lokalne globine morja ter topografija morskega dna; zelo prispevata še značilnost lastnega nihanja bazenov in lastnosti dolgih valov; ter nazadnje tudi drugi dejavniki, ki jih večinoma uvrščamo med meteorološke pojave - to so: nevihte (predvsem orkani) in tsunamiji, manj prispevajo lokalni vetrovi. Navsezadnje pa na obliko gladine morja vpliva tudi lastno nihanje zemeljske skorje.

Zgoraj je predstavljen avtomatiziran način izračuna astronomske plime $T(t)$ iz opazovane višine morja. Za kvalitetno napoved višine morske gladine je v krajih, kjer so residualne plime visoke potrebno upoštevati tudi residualni prispevek. Za izboljšanje napovedi višine morja se zato uporablja umetna nevronska mreža (UNN), ki je primerno orodje za napovedovanje residualnih prispevkov. UNN je nestandardni statistični matematični model, ki je primeren za opisovanje močno nelinearnih procesov. Sestavljen je iz skupine medsebojno povezanih umetnih nevronov z znanimi prenosnimi funkcijami, ki znane vhodne podatke transformirajo v svoj numerični odziv⁷.



Slika 3: Zgradba umetne nevronske mreže

(Vir: http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2010/SZGG2010_Licer.pdf, str. 47)

⁷ Ličer Matjaž. *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju 2010*. Str. 47

Slika prikazuje zgradbo umetne nevronske mreže: na začetku podamo količine, za katere menimo, da vplivajo na gladino morja (v našem primeru so to pritisk, veter in 24h razlika v višini morja). V primeru, da je mreža že naučena lahko njen odziva interpretiramo kot prognozo vrednosti morske gladine.

Glavna lastnost nevronskih mrež je v tem, da med učenjem same ugotovijo pravilo, ki povezuje izhodne podatke z vhodnimi. To pomeni, da se lahko naučijo tudi več in bolje kot učitelj oziroma človek. Ko je nevronska mreža naučena (kar lahko traja dlje časa), deluje tudi v situacijah, s katerimi v procesu učenja ni imela opravka. To pomeni, da lahko rešuje tudi naloge, kjer ne obstaja rešitev v obliki zaporedja korakov čeprav pri tem obstaja večja nevarnost nepredvidljivega delovanja.

2.3.3. Opis modeliranja z umetno nevronske mrežo

- $X(t)$ – gladina morja, ki jo zapišemo kot funkcijo, odvisno od mrežnih prediktorjev φ
- ϕ - vektor prediktorjev (prediktorji so na primer: veter, pritisk in 24h razlika v višini morja itd.)
- W – matrika, ki predstavlja nevronske mrežo

Iz zgornjih podatkov lahko višino morja zapišemo kot: $X(t) \approx W \cdot \phi$

Mrežo učimo s procesom spreminjanja matričnih elementov matrik W . Spreminjamo dokler ni razlika med merjeno vrednostjo morske gladine ter odzivom W na izbrane prediktorje minimalna⁸

$$|X - W \cdot \phi| = \min$$

Mrežo imamo naučeno, ko so matrični elementi matrike določeni, da minimizirajo razliko iz zgornje enačbe. S prognozo celotne višine morja (astronomske in residualne višine skupaj) lahko tako interpretiramo odziv UNN na prognoziranje vrednosti prediktorjev.

⁸ Ličer Matjaž. *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju 2010*. Str. 48



Slika 4: Visoka plima

(Vir:

http://www.radiocapris.si/data/albums/news/b/2_5279458cde134fdfeefbf2bc6d00c880.jpg)

Slika prikazuje visoko plimo na slovenski obali.

3. Dvig morske gladine zaradi globalnega segrevanja

Skozi zgodovino Zemlje se je gladina morja močno spreminjala, velikokrat tudi zaradi klimatskimi spremembami. V prejšnjih stoletjih se je gladina morja spreminjala le za nekaj centimetrov, v 20. stoletju pa se je povprečna višina svetovnih oceanov dvignila od 10 do 20 cm. Spreminjanje višine gladine morja je odvisna od prostornine morske vode in od morebitnega pogreznja obal⁹. Morebitna pogreznja obal oziroma premiki obalnih predelov kopnega so omejeni na geološko nestabilna območja, kjer prihaja do posedanja nedavno odloženih usedlin in na območja tektonskih premikov. Deli celin se dvigajo zaradi relaksacije kamnin po umiku kontinentalnih ledenikov ob koncu ledene dobe (na primer Skandinavija, Severna Amerika) ali posedajo zaradi izčrpanja podtalnice. V oceanih lahko prostornina vode narašča zaradi dveh vzrokov: zaradi povečevanja količina vode v oceanih kot posledica taljenja ledu na kopnem, ali pa zaradi segrevanja morske vode, kar vpliva, da se vodi zmanjša gostota in poveča prostornina. Razpenjanje morske vode je sicer majhno, vendar je treba upoštevati, da se segrevajo debele plasti morja. Če se morje globoko 200 m segreje za 1 stopinjo, se gladina morja dvigne za 2,6 cm¹⁰. Če je za 1 stopinjo segreta plast vode debela 1 km se gladina dvigne še za 13 cm. Bistvene temperaturne spremembe se dogajajo le v premešani morski vodi nad termoklino, tako da se globokomorska voda še ni segrela in razpela. Posebno pomembne temperaturne razmere so v subpolarnih krajih, kjer se voda spušča vse do dna oceanov, morje pa je najbolj premešano. Če bi se vsa morja na Zemlji enakomerno segrela le za 3 stopinje, bi se gladina dvignila kar za 240 cm. Segrevanje oceanov pa ni edini problem dvigovanja gladine morja, saj k dviganju prispeva še voda talečih se gorskih ledenikov ter taljenje ledu in lomljenje ledenih gor na robovih Grenlandije. V prejšnjem stoletju je taljenje ledu je prispevalo okoli 40 odstotkov dviga morske gladine. Zaradi izpodrivanja morskih vod pa na spreminjanje prostornine ne vpliva taljenje plavajočega ledu. Plavajoči led se predvsem tali na meji med ledom in morjem in manj na meji med ledom in zrakom. K zmanjševanju gladine morja pa pomaga odlaganje snega na Antarktiki, saj je tamkajšnji led za nekaj stoletij izločen iz hidrološkega cikla. Dvigovanju gladine morja pa prispeva tudi človek. Gladina se bo v prihodnje najbolj povečala zaradi: razpenjanje morske vode, taljenje ledu na robu Grenlandije in v manjši meri taljenje gorskih ledenikov. V primeru, da bi se stalil ves led in sneg, ki je na Grenlandiji, bi se gladina morja dvignila za

⁹ Vrhovec Tomaž. *Oceani in spreminjanje podnebja*. Str. 74

¹⁰ Vrhovec Tomaž. *Oceani in spreminjanje podnebja*. Str. 74

740 cm. Takšna sprememba bi bila možna v 1000 do 5000 letih¹¹. Pri predvidenih spremembah klime pa ni možno obsežno taljenje kopnega ledu na Antarktiki.

Kljub temu bo že predviden dvig gladine morja za 50 cm povzročil precejšnje težave na atolih v tropskih morjih. Poleg tega bo prihajalo do zasoljevanja obalnih močvirij, do pronicanja morske vode v celinsko podtalnico, do prodiranja morske vode v nizkih delтах velikih rek (Nil, Ganges, Mekong) in do občasnega poplavljanja morja ob drugih nizkih obalah. Problem bo tudi nastal ob močnih vetrovih, saj bodo valovi ob peščenih obalah lahko segali globlje na kopno. Valovi v času tajfunov bodo za prebivalstvo tropskih atolov in nizkih obal celin predstavljali dodatno nevarnost, saj se takrat zaradi nizkega zračnega pritiska in stekanja gladina morja lokalno še dodatno dvigne. V času tajfunov bo posebej pomemben problem povečanje valovne erozije na nizkih obalah. Za večino ledenih gmot na kopnem Antarktike in na otokih Arktike ni pričakovati, da bi se zaradi pričakovanih klimatskih sprememb v naslednjih stoletjih pričele taliti¹². Četudi se bo povprečna temperatura zraka dvignila za nekaj stopinj, bodo povprečne temperature antarktičnega ledu še vedno ostale nekaj deset stopinj pod lediščem. Manjši dvig temperature ozračja na Antarktiki bi imel celo nasprotni učinek. Ker lahko toplejši zrak akumulira več vodne pare, bi to povzročilo več snežnih padavin nad Antarktiko in tako nove sloje na že tako debel ledeni oklep. Ocenjujejo, da bodo večje snežne padavine nad Antarktiko v naslednjih 100 letih gladino oceanov celo znižale za približno 7 cm.

3.1. Merjenje morske gladine

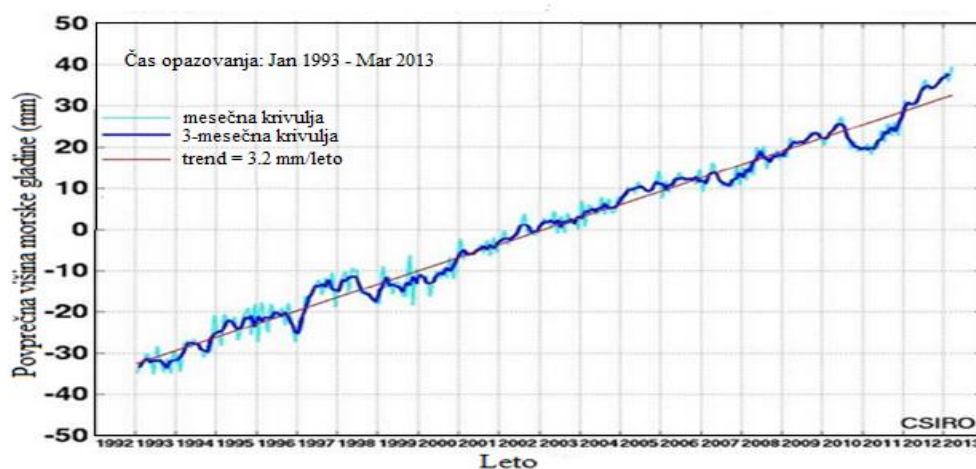
Pred uporabo satelitskih sistemov, so meritve opravljali s pomočjo plimskih merilnikov, ki so merili višino glede na nivo vode do fiksne točke na kopnem. Gladina morja se spreminja ves čas. Na višino vplivajo astronomske plime, neurja, tok in gostota morja ter drugi vplivi. Ker plimski merilniki merijo le kratkoročne vplive, prihaja do velikih odstopanj v napovedovanju višine morske gladine.

Četrto ocenjevalno poročilo IPCC opisuje študije, ki ocenjujejo dvig morske gladine za 20. stoletje med 0,5 in 3,0 mm na leto. Najverjetneje razpon, po podatkih IPCC, je med 1,0 in 2,0 mm na leto. Satelite merjenje višine morske gladine opravljajo že od leta 1993, kar zagotavlja bolj natančno merjenje globalnega dviga morske gladine. Meritve treh različnih

¹¹ Vrhovec Tomaž. *Oceani in spreminjanje podnebja*. Str. 74

¹² Vrhovec Tomaž. *Oceani in spreminjanje podnebja*. Str. 74

satelitov: Topex / Poseidon (začel leta 1992) , Jason - 1 (začel leta 2001) in Jason - 2 (začel leta 2008).



Slika 5: Slika prikazuje graf naraščanja višine morske gladine

(Vir: <http://www.skepticalscience.com/sea-level-rise-predictions-basic.html>)

Graf prikazuje naraščanje višine morske gladine od leta 1992 pa do leta 2013.

3.2. Scenariji in napovedi za prihodnost

Nivo morja na svetovni ravni se še bo v 21. Stoletju naprej dvigoval. Ker se morje še naprej povečano segreva ter ledeniki in ledeni pokrovi še naprej talijo, bo po vseh scenarijih RCP hitrost dvigovanja nivoja morja zelo verjetno večja od izmerjene vrednosti v obdobju 1971–2010¹³. Zaradi izboljšane razumevanja fizikalnih procesov, ki vplivajo na nivo morja, izboljšane skladnosti rezultatov modelov, ki temeljijo na simulaciji posameznih procesov, z meritvami in zaradi vključitve dinamičnih sprememb ledenih pokrovov so projekcije napovedovanja vedno bolj kakovostne.

¹³ Podnebne spremembe 2013. Vetrnica. Str. 26

Scenariji RCP:

spremenljivka	scenarij	2046–2065		2081–2100	
		povprečje	verjeten razpon ^c	povprečje	verjeten razpon ^c
Sprememba povprečne prizemne temperature zraka na svetovni ravni (°C) ^a	RCP2.6	1,0	0,4 do 1,6	1,0	0,3 do 1,7
	RCP4.5	1,4	0,9 do 2,0	1,8	1,1 do 2,6
	RCP6.0	1,3	0,8 do 1,8	2,2	1,4 do 3,1
	RCP8.5	2,0	1,4 do 2,6	3,7	2,6 do 4,8
		povprečje	verjeten razpon ^d	povprečje	verjeten razpon ^d
Povprečen dvig nivoja morske gladine na svetovni ravni (m) ^b	RCP2.6	0,24	0,17 do 0,32	0,40	0,26 do 0,55
	RCP4.5	0,26	0,19 do 0,33	0,47	0,32 do 0,63
	RCP6.0	0,25	0,18 do 0,32	0,48	0,33 do 0,63
	RCP8.5	0,30	0,22 do 0,38	0,63	0,45 do 0,82

Slika 6: Slika prikazuje tabelo scenarijev RCP

(Vir: http://www.meteo-drustvo.si/data/upload/Vetrnica0613_POVZETEK_ipcc_PORocILA.pdf, str. 19)

Slika prikazuje napovedan dvig nivoja morja na svetovni ravni. Srednjo stopnjo zaupanja ima scenarij RCP 8.5, ki napoveduje dvig morja za od 0,22 do 0,38 m v obdobju 2046-2065 in za od 0,45 pa do 0,82 m v obdobju 2081-2100. Po scenariju RCP 8.5 bo dvig nivoja morja do leta 2100 znašal 0,52–0,98 m in hitrost dviganja nivoja morja v obdobju 2081–2100 8–16 mm/leto.

V scenarijih RCP predstavlja temperaturno raztezanje 30–55 % in ledeniki 15–35 % celotnega dviga nivoja morja na svetovni ravni v 21. stoletju. Povečanje površinskega taljenja grenlandskega ledenega pokrova bo večje od povečanja količine snežnih padavin. To pomeni, da bo prispevek spremembe površinske masne bilance k bodočemu dvigu nivoja morja pozitiven. Medtem ko bo površinsko taljenje na antarktičnem ledenem pokrovu ostalo majhno, se bo količina snežnih padavin povečala – prispevek spremembe površinske masne bilance k bodočemu dvigu nivoja morja bo negativen. Spremembe v odtoku z obeh ledenih pokrovov bodo k dvigu skupno verjetno prispevale od 0,03 do 0,20 m do obdobja 2081–2100¹⁴.

Dvig nivoja morja po svetu ne bo enoten. Do konca 21. stoletja se bo nivo morja zelo verjetno dvignil na več kakor 95 % morske površine. Na okoli 70 % vse obale na svetu se bo nivo morja predvidoma dvignil toliko kakor v svetovnem povprečju ali kvečjemu do 20 % več ali manj¹⁵.

¹⁴ Podnebne spremembe 2013. Vetrnica. Str. 27

¹⁵ Podnebne spremembe 2013. Vetrnica. Str. 27

4. Zaključek

Pri napovedovanju višine morske gladine zaradi bibavice je zelo pomembno, da upoštevamo vse dejavnike, ki vplivajo na plimovanje, saj je napovedovanje zelo zapleteno. Če hočemo bibavico popolnoma predvideti, moramo upoštevati veliko parametrov in še ti niso vsi vedno merljivi. Zato je natančno ne moremo predvideti, lahko pa preučujemo njene zakonitosti.

Na napovedovanje višine morske gladine zaradi globalnega segrevanja prav tako vpliva veliko dejavnikov. Nekatere že znanstveniki znajo napovedati, spet druge ne, zato je o točnih napovedih o dvigu morske gladine za nadaljnjih 100 let prenažno govoriti. Za enkrat lahko upoštevamo le sedanje modele napovedovanja, kaj se bo pa v resnici zgodilo bodo pa znanstveniki v prihodnosti mogoče znali boljše predvidet.

5. Viri in literatura

- *Podnebne spremembe 2013: Fizikalna podlaga, Povzetek za oblikovalce politik*, 0613. Ljubljana: Vetrnica, glasilo Slovenskega meteorološkega društva, 2013.
- Ličer Matjaž. *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju 2010* [svetovni splet]. Ljubljana: ARSO, 2009. Dostopno na WWW: http://fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2010/SZGG2010_Licer.pdf [10.12.2013].
- Vrhovec Tomaž. *Oceani in spreminjanje podnebja*. Ljubljana: Geografski vestnik 77-1, 2005.
- Jeromel Maja, Ličer Matjaž, Vodopivec Martin. *Prognozirano plimovanje morja 2013* [svetovni splet]. Ljubljana: ARSO, 2013. Dostopno na WWW: <http://arso.gov.si/vode/morje/Plima%202013.pdf> [10.12.2013].
- Vrhovec Tomaž. *Poplavljanje morske obale*. Ljubljana: Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, 2002.
- Parovel Tomaž. *Bibavica: Seminarska naloga* [svetovni splet]. Koper: Univerzitetna v Ljubljani, 2007. Dostopno na WWW: http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/biba_end.pdf [10.12.2013].
- *Bibavica* [svetovni splet]. Wikipedija. Dostopno na WWW: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bibavica> [10.12.2013].



Univerza v Mariboru
Fakulteta za strojništvo

SEMINARSKA NALOGA

CO₂ viri in razširjanje po ozračju

Ime in priimek: Laura Jug

Vpisna številka: S1017955

Smer in letnik študija: Tehniško varstvo okolja, 2. Letnik

Mentor: izr. prof. dr. Jure Ravnik

Študijsko leto: 2013/2014

Maribor, december 2013

Kazalo

1. Uvod	3
2. Viri ogljikovega dioksida	4
3. Ogljikov dioksid-toplogredni plin	5
4. Ogljikov cikel.....	6
5. Sestava in lastnosti ozračja.....	7
5.1 Onesnaževanje ozračja	7
6. Razširjanje po ozračju.....	8
6.1 Difuzija.....	8
6.2 Konvekcija.....	9
7. Modeli širjenja snovi v ozračju	11
8. Matematični opis disperzije polutantov.....	11
8.1 Eulerjev model.....	11
8.2 Lagrangeev model	12
8.3 Gaussov model	13
9. Zaključek.....	17
10. Viri	18

Kazalo slik

Slika 1: Učinek tople grede	5
Slika 2: Kroženje ogljika na Zemlji	6
Slika 3: Onesnaževanje ozračja.....	7
Slika 4: Postavitev koordinatnega sistema pri Gaussovem modelu.....	13
Slika 5: Disperzijski koeficient σ_z v odvisnosti od razdalje od dimnika.	16
Slika 6: Disperzijski koeficient σ_y v odvisnosti od razdalje od dimnika.	16

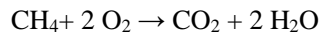
1. Uvod

Ogljikov dioksid CO₂ je nestrupen plin, ki nastaja pri izgorevanju snovi, katere vsebujejo ogljik in pri trohnenju. Dolgo časa ogljikov dioksid ni veljal za toksično sestavino atmosferskih onesnaževal, saj je tipični predstavnik popolne naravne in umetne oksidacije. Takšno prepričanje je veljalo vse do začetka petdesetih let, ko so začeli resneje preučevati vplive sproščanja CO₂ na podnebje. To pa zaradi tega, ker so se emisije plina začele sunkovito povečevati predvsem zaradi gospodarske rasti v razvitem svetu po drugi svetovni vojni. Mnoge sodobne raziskave so pokazale, da je dolgoročno gledano CO₂ eden najnevarnejših onesnaževal, ki ima velik vpliv na okolje in s tem posredno tudi na človeka in ostala živa bitja na zemlji. V nadaljevanju seminarske naloge bom plin CO₂ in njegovo širjenje po ozračju podrobneje predstavila in opisala glavne fizikalne in kemijske značilnosti.

2. Viri ogljikovega dioksida

Največji vir atmosferskega CO₂ predstavljajo procesi zgorevanja organskih fosilnih (premog, nafta in plin) goriv. Prav energija, ki jo pridobivamo z zgorevanjem fosilnih goriv je bistvenega pomena za industrijsko civilizacijo. S hitrim industrijskim razvojem in intenzivnim izkoriščanjem fosilnih goriv je človek začel izpuščati v okolje velike količine emisij CO₂. Znanstveniki dokazujejo, da so globalne koncentracije CO₂ od leta 1750 (od začetka industrijske dobe) zaradi hitrega tehnološkega razvoja znatno narasle in zdaj daleč presegajo vrednosti iz predindustrijske dobe. Zadnji podatki kažejo da je delež ogljikovega dioksida v zraku trenutno 41% nad ravnjo pred industrijsko revolucijo, ko smo začeli uporabljati fosilna goriva. Procesu zgorevanja tudi v današnjem času predstavljajo osnovni način transformacije notranje kemične energije goriva preko toplotne v mehansko in električno zato so tudi možnosti za zmanjšanje koncentracije emisij CO₂ majhne.[3]

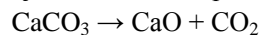
Tako torej pri izgorevanju fosilnih goriv, katera vsebujejo ogljik, kot so metan, zemeljski plin, bencin, plinsko olje, kerozin, propan, premog in les, nastajajo velike količine ogljikovega dioksida, primer z metanom je napisan s spodnjo enačbo.



Enačba 1: Proces zgorevanja metana

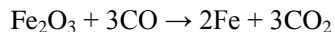
Prav tako pa je človek je s svojo dejavnostjo spremembe rabe zemljišč vplival na povečanje koncentracije CO₂. Ogljikov dioksid pa sprošča tudi pri pridobivanju apna in železa industrijsko pomembni surovini.

Pri pridobivanju apna, se pri segrevanju CaCO₃ na temperaturi 850°, sprošča CO₂.



Enačba 2: Proces pridobivanja apna

Pri pridobivanju železa v plavžu se ob izgorevanju koksa sproščajo velike količine ogljikovega dioksida.



Enačba 3: Proces pridobivanja železa

Zgoraj so naštet viri koncentracije emisij CO₂ ki jih z svojo dejavnostjo (predvsem industrijo) in posegi v okolje povzročil človek, poznamo pa tudi naravne vire ogljikovega dioksida. V naravi ogljikov dioksid nastaja pri procesih dihanja, fermentacije, razkroja odmrlih organskih snovi, desorpcije iz oceanov in zgorevanja organskih snovi. Pomemben naravni vir ogljikovega dioksida so še vulkani in požari ki spadajo pod naravno zgorevanje. [5], [1],[7]

Proces alkoholnega vrenja oziroma fermentacije:

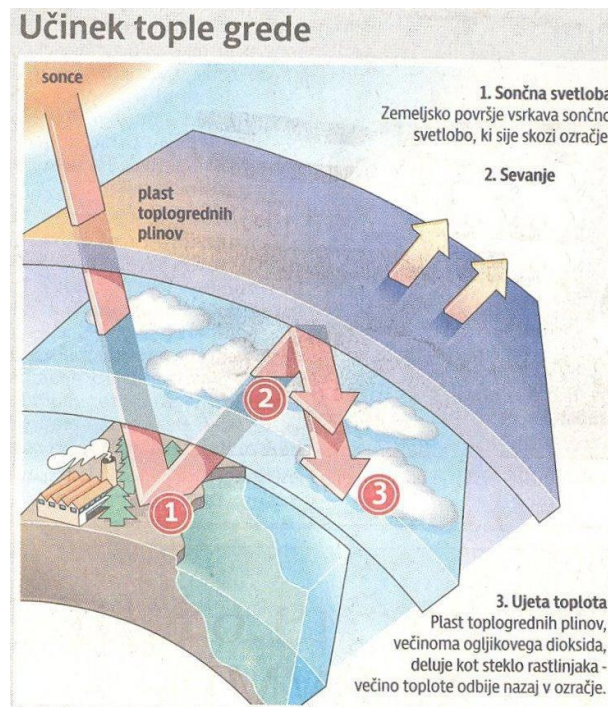


Enačba 4: Proces alkoholnega vrenja

3. Ogljikov dioksid-toplogredni plin

CO₂ ima poseben pomen pri temperaturi atmosfere in zemlje. Sonce oddaja kratkovalovno sevanje. To elektromagnetno valovanje kratke valovne dolžine brez večjih težav prodre skozi atmosfero, pri čemer molekule CO₂ ne predstavljajo ovire, kar pomeni da povečana koncentracija CO₂ v atmosferi ne zmanjšuje emisije toplotnega toka sončne svetlobe na Zemljo. Zaradi naravne nagnjenosti k ravnotežju tudi Zemlja oddaja toplotno sevanje, katere valovne dolžine pa ležijo v področju infrardečega spektra, torej valovanje večje valovne dolžine. CO₂ in drugi toplogredni plini absorbirajo to sevanje in zadržujejo zemeljski toplotni tok. Ta pojav imenujemo učinek tople grede. Vpliva pa na zvišanje temperature zemeljske površine in troposfere pri čemer se ruši ravnotežje troposfera - zemlja in na znižanje temperature stratosfere, pri čemer je potrebno poudariti, da je stratosfera znatno bolj občutljiva na temperaturne spremembe od troposfere.

CO₂ predstavlja največji delež v skupnih emisijah antropogenih plinov in znaša približno 80%. Ogljikov dioksid je zaradi sproščenih količin glavni antropogeni toplogredni plin, ki vpliva na sevalno ravnotežje zemlje in s tem na občutno povišanje temperatur. [5]



Slika 1: Učinek tople grede. (vir: [12])

4. Ogljikov cikel

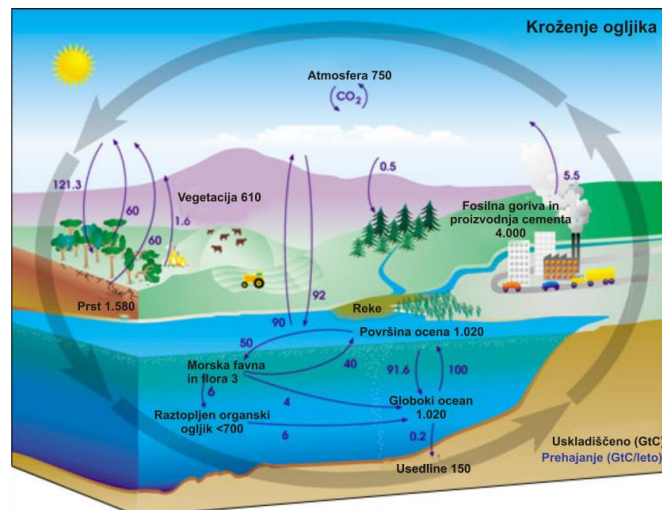
Za razliko od ostalih toplogrednih plinov (izjema je vodna para), ki se iz ozračja odstranjujejo večji del s kemičnimi ali fotokemičnimi reakcijami, ogljik v različnih oblikah (tudi v obliki CO₂) nenehno kroži med številnimi zbiralniki ali začasnimi skladišči (ozračje, zemeljske rastline, tla, oceanske vode, oceanski sedimenti). To kroženje ali izmenjavo zaloga ogljika imenujemo ogljikov cikel.

Ogljikov cikel je izraz, s katerim opisujemo tok ogljika v različnih oblikah (tudi kot CO₂) skozi: atmosfero, oceane, zemeljsko biosfero (del Zemlje kjer živijo ljudje, živali, rastline in mikroorganizmi) ter litosfero (zgornja plast Zemlje).

Že prej sem omenila da se ogljikov dioksid sprošča v ozračje pri procesih dihanja ljudi in živali, razkroju odmrlih organskih snovi, zgorevanju organskih snovi in desorpciji iz oceanov. Po drugi strani pa poteka obraten proces in sicer odstranjevanje ogljikovega dioksida iz ozračja s fotosintezo in pretvorbo ogljikovega dioksida v organske snovi, ter z absorpcijo v oceane, kjer se ga del izloči na dno oceanov v obliki karbonatnih usedlin.

Tako torej CO₂, ki nastane asimilirajo rastline, nekaj ga fizikalno vežejo oceani, preostali del pa ostane v ozračju. Ogljikov dioksid, ki ga vežejo rastline preide s trohnenjem ponovno v ozračje, lahko se nabira v obliki humusa ali šote v zemlji, lahko pa ga reke nosijo v morja, kjer se useda na dno kot sediment (usedlina). Iz šote ali iz sedimenta lahko v geoloških časovnih razdobjih nastanejo premog, nafta in plin. Izgorevanje in trohnenje, izmenjava CO₂ med ozračjem in oceani, asimilacija CO₂ v rastlinah, nastajanje šote, humusa, premoga, nafte in zemeljskega plina so dokaz da v naravi ogljik nenehno kroži.

Z izgorevanjem zemeljskega plina, naftnih produktov, premoga ter lesa in s požiganjem tropskih gozdov je človek posegel v krožni tok ogljika. Z izkoriščanjem fosilnih goriv kot energijskih virov se na leto sprošča 5 milijard ton ogljikovega dioksida. Poleg tega se je z krčenjem gozdov in onesnaževanjem oceanov porušil naravni mehanizem odstranjevanja ogljikovega dioksida iz atmosfere s pomočjo rastlin na kopnem in organizmov na morju. Zaradi tega vsebnost ogljikovega dioksida v ozračju nenehno narašča.[6]



5. Sestava in lastnosti ozračja

Zemljina atmosfera oziroma ozračje je relativno zelo tanek plinski ovoj, ki obdaja zemljino površje. Značilno zanjo je, da v njej potekajo biološki procesi. V atmosferi se dogajajo razni atmosferski pojavi, ki imajo vpliv na življenjske razmere. Atmosfero, ki je pravzaprav plinski plašč našega planeta delimo na štiri pasove: troposfera, stratosfera, ionosfera in ekosfera. Za atmosfero smatramo tisti del, ki sega od 800 do 1000 km nad površino zemlje. Z oddaljenostjo od zemeljske površine gostota atmosfere pada. Prav gotovo je za življenje najpomembnejša troposfera v kateri se dogaja vreme in v katero se izloča in kjer se prenaša večina onesnaženosti zraka, debela je okrog 10 km. Troposfera je v bistvu naš zrak in ima naslednjo kemijsko sestavo: dušik (N₂) -78%, kisik (O₂) -21%, argon (Ar) -0,94%, ogljikov dioksid (CO₂) -0,03%, helij (He) -0,0005%, neon (Ne) -0,002%, kripton (kr) -0,00001% in vodik (H₂) -0,0000009%. [1], [8]

5.1 Onesnaževanje ozračja

Onesnaženost zraka oziroma koncentracija neke primesi (v našem primeru CO₂) v zraku je le ena od komponent stanja ozračja. Če želimo stanje ozračja natančneje opisati moramo podati vrednosti spremenljivk, ki določajo stanje v ozračju (temperaturo zraka, smer in hitrost vetra, zračni pritisk, količino vlage v zraku, količina padavin in podobno). Nekatera atmosferska stanja kot so na primer anticikloni, jezera hladnega zraka, velika stabilnost in še druga povzročajo, da ostajajo primesi blizu virov (izpustov, dimnikov, prezračevalnikov, cest, itd) torej pri tleh, zato so tu koncentracije primesi v zraku pri tleh zelo visoke. Druga vremenska stanja, na primer cikloni s frontami in močnejši vetrovi ter labilno ozračje omogočajo izdaten prenos primesi v višino, v višje plasti ozračja, tako so v tem primeru koncentracije pri tleh nizke in neškodljive. [3]

Ozračje vpliva na življenje na Zemlji posredno in neposredno. Neposredni vpliv se kaže v zaščiti pred neškodljivimi sončnimi žarki in zaščiti pred padajočimi vesoljskim drobirjem. Posredni učinki se kažejo na mnogo načinov, vsi pa so povezani z vremenom in vremenskimi pojavi, ki nastopajo v troposferi. Večina plinov in delcev v zraku ni škodljiva za življenje, dokler koncentracije niso previsoke. Viri onesnaženja pa so predvsem promet, gospodinjstva, industrija, požari in sežiganje odpadkov.



Slika 3: Onesnaževanje ozračja. (vir: [11])

6. Razširjanje po ozračju

Kako se plinske emisije v našem primeru CO₂ porazdelijo v ozračju je odvisno predvsem od atmosferskih, to je od meteoroloških razmer. Glavni parametri so: smer vetra in njegova jakost, količina padavin, njihova pogostost in intenziteta. Prenos plinskih emisij imenujemo tudi transmisija plinov (škodljivih snovi), imisijo pa vpliv srkanja na biološki objekt (na okolje). Iz različnih virov onesnaženja se v zrak razširjajo primesi. Vrtinci mešajo onesnaženi zrak z čistim, veter pa nosi primesi s seboj. Z izrazom prenosni pojav označujemo proces prenosa. Ta proces zajema difuzijo in konvekcijo. Torej bo razširjanje CO₂ po ozračju potekalo z dvema glavnima mehanizma in sicer difuzijo in konvekcijo. [3], [2]

6.1 Difuzija

Difuzija je proces, pri katerem nastane snovni tok s področja z višjo koncentracijo na področje nižje koncentracije. Difuzija poteka, vse dokler se snov v prostoru ne razporedi enakomerno. Proces povzroča gibanje molekul. Kinetična energija vsake molekule omogoča premikanje in trkanje z drugimi molekulami. Hitrost, s katero posamezne molekule potujejo sem in tja je odvisna od različnih dejavnikov. Tako se majhne oz. lahke molekule gibajo hitreje kot velike oz. težke molekule. Pri višji temperaturi se molekule gibajo hitreje kot pri nižji temperaturi. Difuzijo si matematično razlagamo s pomočjo difuzijske enačbe, ki izhaja iz Fickovega zakona. [2], [4]

$$\dot{m}_x = -DA \frac{\partial C}{\partial x},$$

Enačba 5: Fickov zakon

\dot{m}_x je gostota toka množine snovi v smeri x, D difuzijska konstanta, ki nam pove kako velik prenos snovi lahko pričakujemo pri določenem koncentracijskem gradientu, odvisna pa je od snovi, temperature in velikosti molekul. C je molarna koncentracija snovi, x pa difuzijska razdalja. Fickov zakon oziroma model nam pove, da je tok snovi prek površine A na časovno enoto v določeni smeri sorazmeren z gradientom koncentracije v tej smeri. Negativen predznak nakazuje na tok s področja višje na področje nižje koncentracije.

Difuzija je lahko na ravni molekul, ko primesi prehajajo iz mesta z višjo koncentracijo na mesta z nižjo koncentracijo to je tako imenovana molekularna difuzija, druga oblika pa je vrtinčna ali turbulentna difuzija. Ker se zrak v naravi zelo lahko giblje in meša, je v naravi vrtinčna difuzija v splošnem okrog 10.000-krat izdatnejša kot molekularna in z njo se primesi v zraku bistveno hitreje mešajo. Ker je naravna difuzija tako neučinkovita, jo navadno lahko zanemarimo.

Turbulentno difuzijo oziroma turbulentni prenos količin in primesi ustvarjajo vrtinci oz. turbulenca, ne glede na to kako je nastala. Vrtinci poskrbijo, da se dim močno razredči. Če se ne bi, bi lahko na tleh namerili take koncentracije snovi, kot v viru izpuha.

Emisijski parametri kot so količina, koncentracija, temperature dimnih plinov, oblika dimnika oziroma vira onesnaževala in meteorološke razmere, predvsem veter, stabilnost atmosfere in temperatura zraka določajo kako se bodo škodljivi plini razredčili in kam se bodo razširili. Pri

koncentracije pri tleh. Razgiban relief lahko močno vpliva na temperaturo in vetrovno polje in zato tudi na koncentracijo škodljivih plinov.[9], [4]

6.2 Konvekcija

Konvekcija povzroča prenos snovi s tokom tekočine. Konvekcija je zelo kompleksen pojav in je odvisna od oblike, hitrosti toka, s čim se prenaša (npr. zrak) in kako se prenaša oz teče (turbulentno, laminarno). Ker je zelo kompleksen pojav ni splošne fizikalne teorije, torej se ne more izračunati za specifičen pojav. Z eksperimenti so znanstveniki prišli do empiričnih formul s katerimi so opisali:

- Kaj teče,
- Obliko,
- Kako teče

Na vprašanje kako teče lahko odgovorimo z Reynoldsovim številom. Reynoldsovo število (označba Re) je brezrazsežno število, s katerim v mehaniki tekočin označimo tok tekočin.

$$Re = \frac{v\alpha}{\nu}$$

Enačba 6: Reynoldsovo število

Pri katerem je v -hitrost, α – karakteristična dolžina, ν – kinematična viskoznost.

Velja, da če je Re majhno bo tok laminaren, če je Re velik bo tok turbulenten.

Kaj teče so zapisali z Schmidovim številom in izhaja iz naslednje formule:

$$Sc = \frac{\nu}{D}$$

Enačba 7: Schmidovo število

Schmidtovo število je brez enot pove pa kako se kinematična viskoznost (npr. zraka) spreminja z Difuzijo (npr. vodne pare v zraku).

Obliko so pa opisali z Sherwoodovim številom ki pa je v bistvu funkcija Sh (Re, Sc, oblike) in je za vsak model različna.

Konvekcija predstavlja tok snovi zaradi hitrosti, s katero snov teče. Hitrost označimo z \vec{v} . Konvektivni prispevek k zmanjšanju količine snovi v kontrolni prostornini pa zapišemo kot:[2]

$$\int_{A_k} C\vec{v} \cdot \vec{n}dA_k$$

Enačba 8: Konvektiven prispevek k zmanjšanju količine snovi

Zdaj izpeljemo še prenosno enačbo s pomočjo konstantnega kontrolnega volumna V_k in njegove površine A_k . Po zakonu o ohranitvi mase vemo, da je sprememba mase snovi v kontrolnem volumnu v izbranem časovnem obdobju enaka pretoku snovi prek površine kontrolnega volumna v izbranem časovnem obdobju enaka pretoku snovi prek površine kontrolnega volumna ter plus izvori, oziroma minus ponori snovi v kontrolnem volumnu.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{V_k} C dV_k = \int_{A_k} D_n \vec{\nabla} C \cdot \vec{n} dA_k - \int_{A_k} C \vec{v} \cdot \vec{n} dA_k \pm \int_{V_k} I dV_k$$

↓
↓
↓
↓

Sprememba mase
difuzija
konvekcija
Izvori in ponori

Enačba 9: Prenosna enačba

\vec{n} je normala, ki kaže iz kontrolnega volumna. D_n je anizotropni difuzijski koeficient v smeri normale, $\vec{\nabla} C \cdot \vec{n}$ predstavlja gradient koncentracije v smeri normale. \vec{v} hitrost s katero snov teče pri konvekciji. [4]

7. Modeli širjenja snovi v ozračju

Za izračun koncentracij nečistoč razpršenih iz različnih virov, obstaja veliko število izrazov oziroma modelov. V splošnem je skoraj nemogoče zajeti vse podatke in vse vplive v en sam model, zato so modeli le boljši ali slabši približki realnosti. Ločimo fizikalne ali matematične modele. Fizikalni so pomanjšana različica narave, matematični pa vsebuje matematični opis problema. V naslednjem poglavju so predstavljeni matematični opisi oziroma modeli disperzije pulantov.[2]

8. Matematični opis disperzije polutantov

Z disperzijskimi modeli želimo matematično čim bolje opisati prostorsko in časovno porazdelitev pulantov, ki so bili izpuščeni v atmosfero. Njihova uporaba je precej praktična, saj so predpisi o dovoljenih koncentracijah pulantov v atmosferi vedno strožji, zato je potrebno ob vsaki novi umestitvi vira v okolje ali povečanju izpustov iz že obstoječih virov najprej preučiti, kakšen bo njihov vpliv na onesnaženo okolje. Če hočemo matematično opisati disperzijo pulantov oziroma bi radi zapisali in rešili enačbo, ki bi opisovala širjenje pulantov v atmosferi imamo na voljo tri različne principe modeliranja in sicer Eulerjev, Lagranev in Guassov model.

8.1 Eulerjev model

Z Eulerjevim modelom opisujemo sistem, ki miruje torej je ta način opisa disperzije vezan na mirujočo enoto volumna. Z modelom opazujemo kaj se dogaja znotraj enote volumna, koliko delce vanj vstopi, izstopi, jih v njem nastane oziroma razpade. Pod Eulerjeve modele spadajo tudi tako imenovani K-modeli, ki se uporabljajo za potrebe modeliranja širjenja onesnaževala v večji regionalni skali. Pri nas v Slovenije se največ uporablja Eulerjev model za atmosfersko disperzijo-MEDIA, ki so ga razvili v Franciji leta 1990. MEDIA računa v tridimenzionalni mreži točk v geografski projekciji z vertikalno koordinato, ki sledi reliefu. Transport in difuzija onesnaževal se izračuna na osnovi meteoroloških polj, izračunanih s pomočjo številčnega modela za napovedovanje vremena.[13]

Za koncentracijo onesnaževal v zraku velja enačba:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{v}\nabla C = \nabla(K\nabla C) + \dot{S}_0 + \dot{S}_i,$$

Enačba 10: Koncentracija onesnaževal v zraku po Eulerju

C-koncentracija onesnaževala

\vec{v} -hitrost,

K-Reynoldsov tenzor

ter \dot{S}_0 in \dot{S}_i - izvori oz. ponori onesnaževal.

8.2 Lagrangeev model

Lagrangeev disperzijski model je nestacionaren in je namenjen modeliranju onesnaženja zunanjega zraka nad kompleksnim in razgibanim terenom. Model nam omogoča realen prikaz širjenja emisij odpadnih dimnih plinov iz odvodnika. Pri Lagrangevem modelu se modelira gibanje delcev v smeri vetra. Pot oziroma trajektorija delcev se določa po principu naključnih sprehodov. V primerjavi z Eulerjevim načinom, kjer nas je zanimalo dogajanje znotraj enote mirujočega volumna, nas pri Lagrangevem načinu zanima, kaj se dogaja z delcom tekočine. Princip Lagrangevega modela je, da delci potujejo skupaj z vetrom in se razširjajo v odvisnosti od stabilnosti atmosfere. Prednost Lagrangevega modela predvsem pred Gaussovimi je ta, da lahko opisuje dogajanja v kompleksnem terenu. Gibanje delcev v Lagrangevem modelu se tako lahko premika preko ovir in se jim umika. To je seveda odvisno od vetrovnega polja nad reliefom, kjer obravnavamo difuzijo. Pri izdelavi vetrovnega polja ponavadi uporabimo meteorološki model, nato pa v njega vpnemo še Lagrangeev model. Osnovni princip delovanja Lagrangevega modela je simulacija naključnih sprehodov. To pomeni, da so poti delcev sestavljene iz različno dolgih in različno usmerjenih korakov (vsak sprehod vsebuje nekaj tisoč korakov). Korake modeliramo tako, da sproti spreminjamo vse tri koordinate delca.

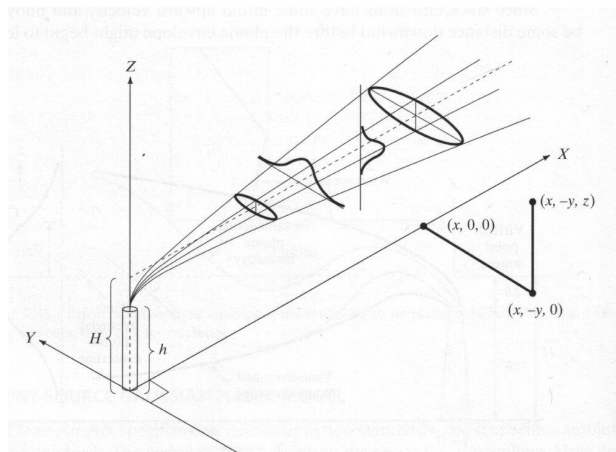
Za delovanje Lagrangevega modela potrebujemo še izdelano vetrovno polje, saj model za vsak nov korak določenega delca potrebuje podatek o smeri in velikosti vetra v točki, kjer se delec trenutno nahaja. Zdaj imamo opisano dinamiko posameznega delca. Nato pa opazujemo, kje ti delci trčijo ob podlago (relief) in statistično obravnavamo končne točke vseh delcev znotraj enega dogodka. Dobimo torej povprečne urne vrednosti koncentracij na tleh, iz njih pa lahko izračunamo povprečne dnevne in povprečne letne koncentracije. Na podlagi tega dobimo informacijo o porazdelitvi onesnaženja, ki doseže tla. Velikost naključnega člena pa ni enaka za vse pogoje v ozračju, ampak je odvisna od turbulentnosti atmosfere.

Lagrangeev disperzijski model vsebuje več različnih modelov med njih sodijo tudi AUTAL2000 /TALDIA, GRAL / GRAMM in CALPUFF / CALMET.[9]

8.3 Gaussov model

Gaussov model spada med ned najpomembnejše modele za modeliranje ozračja. Model upošteva transport plinov v smeri vetra (npr. smer x) in razredčevanje dima v smereh, ki sta pravokotni na smer vetra (smer y in z). Dinamika razredčevanja plina v smeri y in z je porazdeljena normalno (Gaussovsko) s standardnima deviacijama σ_y in σ_z . Vrednosti obeh deviacij sta določeni glede na stabilnost atmosfere in razdalje od točke onesnaženja. Osnovni Gaussov disperzijski model lahko uporabimo za modeliranje točkastih izpustov (npr. dimnikov), lahko pa ga prilagodimo tudi za modeliranje linearnih izpustov (modeliranje emisij prometa vzdolž avtoceste) in ploskovno porazdeljenih izpustov (modeliranje večjega števila točkastih ali linearnih izpustov).

Skoraj vsak model, ki poskuša opisati koncentracijo onesnaževal v ozračju, predpostavlja, da lahko časovno povprečne koncentracije v smeri vetra od izvora opišemo z normalno (Gaussovo) porazdelitvijo. Koordinatni sistem postavimo tako, da kaže x os v smeri vetra, y os pravokotno na smer vetra, z os navpično navzgor, središče koordinatnega sistema pa je ob vznožju dimnika. Ker se dimna sled s časom spreminja, moramo določiti ovojnico, znotraj katere se ta ves čas nahaja. Ovojnica nekoliko stran od izvora postaja vedno bolj simetrična okrog osrednje osi dima, ki je nekoliko nad višino dimnika. Koncentracija polutantov je na tej osi največja, z oddaljevanjem od osi se manjša. Pri Gaussovem modelu predpostavimo, da se porazdelitev koncentracije spreminja po normalni porazdelitvi okrog osrednje osi v prečni in navpični smeri. Izvor izpustov v tem primeru je tako postavljen na višino H , ki jo imenujemo efektivna višina dimnika.



Slika 4: Postavitev koordinatnega sistema pri Gaussovem modelu. (vir: [9])

S pomočjo Gaussovega modela lahko povežemo povprečno koncentracijo polutantov z jakostjo izpustov, hitrostjo vetra, efektivno višino dimnika in pogoje v atmosferi, vendar pa pri tem moramo upoštevati nekaj predpostavk in sicer:

- jakost izpustov je konstantna,
- hitrost vetra se ne spreminja ne z časom in ne z višino,
- količina polutantov se ohranja (ni kemijskih reakcij)
- območje modeliranja je relativno ravno.

Z upoštevanjem da nas zanima koncentracija pri tleh in predpostavko, da je $z=0$ dobimo enačbo ko nam pove povprečno koncentracijo:

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi u_H \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-H^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right)$$

Enačba 11 : povprečna koncentracija s pomočjo Gaussovega modela

kjer je $C(x,y)$ - koncentracija v točki $(x; y; z=0)$ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

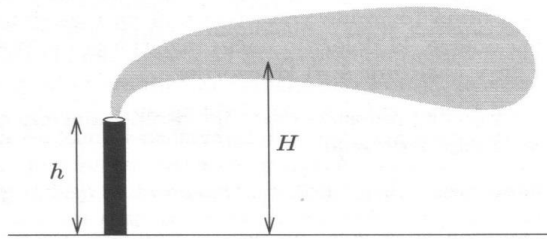
Q - moč izpustov v $\mu\text{g}/\text{s}$,

H - efektivna višina dimnika, u_H povprečna hitrost vetra na efektivni višini v m/s ,

σ_y in σ_z - standardni deviaciji v y in z smeri v m . [9]

Definirajmo še posamezne parametre ki nastopajo v enačbi:

H-efektivna višina dimnika, to je višina do katere se dim giblje večinoma v navpični smeri, ki je posledica povišane temperature dimnih plinov in izstopne hitrosti. Ali povedano drugače, efektivna višina dimnika H je vsota dejanske višine dimnika h in višine, do katere se dim dvigne iznad dimnika Δh , ki jo imenujemo dimni dvig. Dimni dvig je posledica vzgona in hitrosti izstopajočih plinov, pomembna pa je tudi stabilnost atmosfere. [2], [9]



Slika 5: Efektivna višina dimnika H (vir: [2])

Hitrost vetra na efektivni višini dimnika: Hitrost na efektivni višini definiramo oziroma zapišemo s pomočjo enačbe v kateri povežemo znano hitrost vetra na višini anemometra (običajno 10m nad tlemi). Tako se za izračun vetra na efektivni višini pogosto uporablja enačba:

$$u_H = u_a \left(\frac{H}{z_a}\right)^p$$

Enačba 12: Hitrost vetra na efektivni višini

kjer je u_a - hitrost vetra na višini anemometra,

z_a - višina anemometra in

p - brez dimenzijski parameter, ki je odvisen od tipa tal in stabilnosti atmosfere. Vrednosti

Gaussovi disperzijski koeficienti

Za določitev disperzijskih koeficientov moramo vedeti, kakšni so pogoji v atmosferi. S tem mislimo predvsem na stabilnost atmosfere. Gibanje zračnih mas je stabilno če se relativno malo giblje v vertikalni smeri glede na razdaljo, ki jo prepotuje v horizontalni smeri. Najpogosteje se za klasifikacijo stabilnosti uporabljajo Pasquill-Giffordovi razredi stabilnosti, ki so predstavljeni v tabeli 1. [9]

Razred A označuje ozračju z najmanjšo mero stabilnosti, razred F pa najbolj stabilno ozračje. Oblak onesnaženja se bo torej v ozračju razreda F manj razširjal kot v ozračju stabilnosti A. Celotna razdelitev deluje najbolj v neubranih okoljih. V urbanih je vpliv lokalnih pojavov večji, zato je definicija stabilnostnih razredov manj primerna. [2]

Tabela 1: Razredi stabilnosti (vir: [2])

Hitrost vetra [m/s]	Dan sončno obsevanje			Noč oblaki prekrivajo	
	močno	srednje	šibko	≥ 4/8 neba	≤ 3/8 neba
< 2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Meteorologi so izdelali študije disperzije onesnaževal v ozračju pod različnimi pogoji v letem – pri različnih hitrostih vetra in različnih stabilnostnih razredih ozračja. Rezultati teh študij so empirične povezave med oddaljenostjo od izvora onesnaženja in koeficientoma σ_y ter σ_z za različne stabilnostne razrede. V horizontalni smeri velja:

$$\sigma_y = ax^{0,894}$$

Enačba 13: Disperzijski koeficient σ_y

V vertikalni smeri pa:

$$\sigma_z = cx^d + f$$

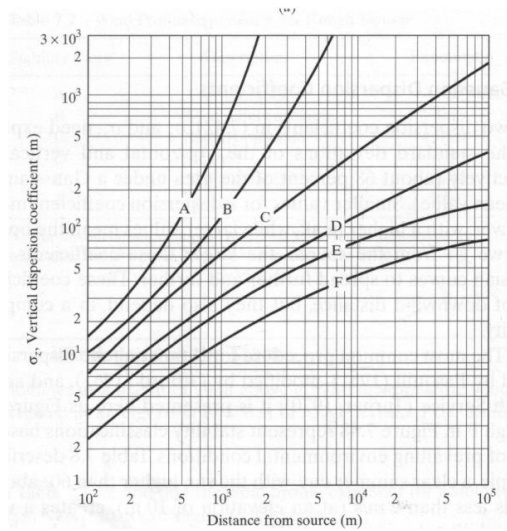
Enačba 14: Disperzijski koeficient σ_z

Rezultat σ podajamo v metrih. Konstante a,c,d in f so za različne stabilnostne razrede navedene v spodnji tabeli 2. [2]

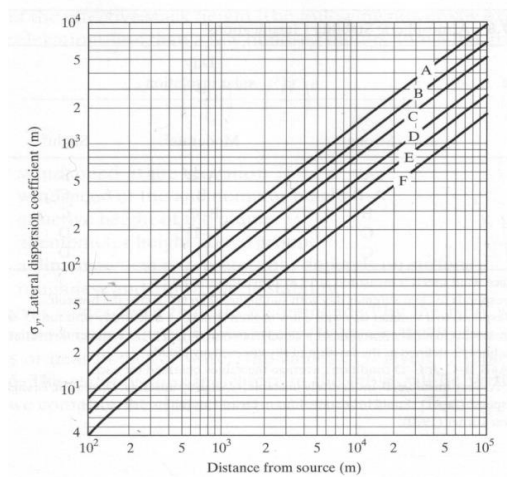
Tabela 2: Konstante a, c, d in f (vir: [2])

Razred	a	$x \leq 1 \text{ km}$			$x \geq 1 \text{ km}$		
		c	d	f	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61	0,911	0	61	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	0,35	62,6	0,180	-48,6

Na podlagi enačb in koeficientov lahko horizontalni in vertikalni disperzijski koeficient tudi izrišemo v odvisnosti od oddaljenosti od izvora onesnaženja, to je prikazano na spodnjih slikah 6. In 7. [9]



Slika 6: Disperzijski koeficient σ_z v odvisnosti od razdalje od dimnika. (vir: [9])



Slika 7: Disperzijski koeficient σ_y v odvisnosti od razdalje od dimnika. (vir: [9])

9. Zaključek

Ogljikov dioksid je sicer nestrupen plin ima pa ključno vlogo pri oblikovanju podnebja na Zemlji. Prepušča namreč sevanje kratkovalovnih sončnih žarkov, zadržuje in ohranja pa večino dolgovalovne energije, ki jo Zemlja seva v vesolje. Končni učinek je, da je na Zemljinem površju temperatura višja, kot bi bila, če v ozračju ne bi bilo povišane koncentracije ogljikovega dioksida. Koncentracija ogljikovega dioksida danes počasi, toda vztrajno narašča. Ko so z industrijsko revolucijo začeli v večjem obsegu kuriti s fosilnimi gorivi, se je obenem sproščalo več vse več vezanega ogljika. To se zdaj s požiganjem tropskih gozdov še poslabšuje. Ljudje v nezasišani meri uničujemo naše življenje in življenje prihodnjih rodov z prekomerno, neracionalno in predvsem nenadzorovano porabo fosilnih goriv in s tem škodljivimi emisijami v okolje. Tekom seminarske naloge sem ugotovila, da je razširjanje plinov po ozračju zelo širok pojem, pri katerem moramo upoštevati širok spekter vplivov in pogojev. Z različnimi modeli pa se da te vplive poenostaviti in širjenje napisati z splošnimi fizikalnimi in matematičnimi formulami.

10. Viri

- [1] N. Samec, A. Lobnik, *Okoljsko inženirstvo* (Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2009)
- [2] J. Ravnik, *Matematično modeliranje pojavov v okolju* (Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2012)
- [3] Z. Petkovšek, T. Vrhovec, *Zrak in onesnaženost prvi del meteorologija* (Ljubljana, Univerza v Ljubljani, 2000)
- [4] L. Škrget, *PRENOSNI POJAVI, Prenos gibalne količine, toplote in snovi*(Maribor, Fakulteta za strojništvo)
- [5] L. Ruedl Simič, *Toplogredni plini* (Maribor, DOBA EPIS, 2011)
- [6] J. Kolar, *Kako deluje? ČLOVEKOVO OKOLJE* (Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, 1988)
- [7] M. Bizjak, *Fizikalni in kemijski vidiki onesnaženosti ozračja*(Ljubljana, Zdravstvena fakulteta, 2009)
- [8] I. Eržen, *Zdravje in okolje* (Maribor, Medicinska fakulteta, 2010)
- [9] Disperzijskimodeli : http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2008_2009/disperzijski_modeli.pdf (13.12.2013)
- [10] http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Kro%C5%BEenje_ogljika.png (13.12.2013)
- [11] <http://www.infolife.si/onesnazevanje-zraka> (13.12.2013)
- [12] http://student.pfmb.uni-mb.si/~mjenko/fizika/kaj_je.html (13.12.2013)
- [13] http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Onesnazenje_-_disperzijski_modeli.pdf (13.12.2013)



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

NAPOVEDNOVANJE VREMENA

Seminarska naloga pri predmetu Prenosni pojavi v
okolju

Avtor: Branka Šrot, 2. letnik, TVO

Kazalo

1. UVOD	3
2. KAJ JE VREME?	3
3. KAKO ZANESLJIVO LAHKO NAPOVEMO VREME?	3
4. ROBNI POGOJI	4
5. OBMOČJE NAPOVEDOVANJA VREMENA	4
6. MREŽA RAČUNSKIH TOČK	4
7. ENAČBE	5
8. METEOROLOŠKI MODELI	7
9. AVTOMATSKE METEOROLOŠKE POSTAJE	9
10. METEOROLOŠKI SATELITI	10
11. LOKALNI VREMENSKI ZNAKI	11
12. PISNI VIRI IN LITERATURA	12

Kazalo slik

Slika 1: Enačbe za numerično napoved vremena	5
Slika 2: Izsek iz meteorološkega modela, zapis v fortranu	8
Slika 3: Avtomatska meteorološka postaja	9
Slika 4: Prikaz globalnega opazovalnega sistema	10

1. UVOD

V seminarski nalogi bom predstavila kaj je vreme, kako natančno ga lahko napovemo, kakšne enačbe uporabimo za napoved vremena, s katerimi modeli si pomagamo in kakšni so lokalni vremenski znaki.

2. KAJ JE VREME?

Vreme je meteorološko-klimatski izraz za stanje atmosfere, ki nastane pod vplivi vseh pomembnejših meteoroloških elementov in atmosferskih pojavov (temperatura, vlaga, zračni tlak, ...).

Vreme je pomemben del naravnega okolja. Neposredno ali posredno vpliva na veliko naših aktivnosti. Najbolj ga opazimo takrat, ko nas prizadenejo izjemnimi ali nevarnimi pojavi, ki lahko ogrozijo naše imetje, varnost ali celo življenje. Taki pojavi so na primer viharni veter, toča, močni nalivi, žled in poledica, pozeba. [1]

3. KAKO ZANESLJIVO LAHKO NAPOVEMO VREME?

Strokovnjaki trdijo, da je nemogoče do podrobnosti poznati trenutno stanje atmosfere, kar posledično pomeni, da tudi napoved vremena ni nikoli stodontna. Z modernimi merilnimi sistemi (sateliti, radarji, letali, ...) in zelo zmogljivimi računalniki sicer lahko zberejo in obdelajo ogromne količine podatkov, a napoved vremena zaradi kaotične narave procesov v atmosferi še vedno ostaja omejena in tesno povezana z življenjsko dobo vremenskih procesov. Tako je mogoče, da dežne plohe, ni mogoče napovedati niti eno uro vnaprej, medtem ko nastanek večjih ciklonov lahko dokaj uspešno predvidijo tudi teden ali več dni vnaprej. [5]

4. ROBNI POGOJI

Začetni robni pogoji so stanja ob začetnem času, kar ugotavljamo z meritvami. Ob spodnjem robu obravnavanega prostora, se čez dan temperatura spreminja v skladu s spreminjanjem energijske bilance ali da tam trenje ob tla zavira hitrost vetra, temu pravimo prostorski robni pogoji. Dobimo jih z meritvami oziroma iz globalnih merilnih sistemov. [1]

Začetni pogoji pa so predhodno znanje o stanju atmosfere, opazovanja in meritve, asimilacija podatkov in inicializacija modela. [5]

5. OBMOČJE NAPOVEDOVANJA VREMENA

Napoved je veliko bolj zanesljiva, če so meritve opravljene na manjšem območju, torej napoved postane manj natančna, če povečamo območje za katerega napovedujemo vreme. Ne moremo tudi pričakovati enakega vremena na primer v Mariboru in v Kopru.

Z več merilnimi postajami dobimo več meritev in tako bolj natančno napoved. [1]

6. MREŽA RAČUNSKIH TOČK

Vremenske napovedi delimo na zdajšnje, kratkoročne, srednjeročne in dolgoročne.

Ker od kratkoročnih napovedi (2 dni vnaprej), ki so tudi najpogostejše, pričakujemo da bodo natančne, v ta namen uporabimo meteorološke modele visoke prostorske ločljivosti. V takšnih modelih je mreža računskih točk dovolj gosta, največ 10 kilometrov narazen, da lahko razrešijo vremenske spremembe, kot so večje nevihte, lokalne vetrovne sisteme, itd. [1]

7. ENAČBE

Vreme napovedujemo z reševanjem sistema več enačb. Na primer Navier - Stokesove enačbe, termodinamske enačbe in kontinuitetne enačbe. Te enačbe so parcialne diferencialne enačbe in so med seboj odvisne. Reševanje tega sistema imenujemo začetni problem, kar pomeni, da poznamo stanje na začetku nato pa preko reševanja teh enačb "korakamo" naprej: numerično integriramo sistem enačb. [1]

7.1 Postopek numerične napovedi vremena

Numerična napoved vremena je zasnovana na postopku za reševanje sistema parcialnih diferencialnih enačb, ki opisujejo spremembe posameznih meteoroloških spremenljivk.

Enačbe so zapis osnovnih fizikalnih zakonov (Newtonov zakon o ohranitvi gibalne količine, ohranitev mase zraka in mase primesi, ohranitev energije, enačba stanja, entropijski zakon) za pline (zrak in vodno paro), ki sestavljajo zemeljsko atmosfero.

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - f_v + f_{t,x}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + f_u + f_{t,y}, \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= -g\rho, \\ \frac{\partial \theta}{\partial t} &= -u \frac{\partial \theta}{\partial x} - v \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} + Q + f_{t,\theta}, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0.\end{aligned}$$

Slika 1: Enačbe za numerično napoved vremena [1]

Θ potencialna temperatura

$f_{t,x}, f_{t,y}, f_{t,\Theta}$ členi turbulentnih vplivov

Q diabatne spremembe temperature

Zapisane parcialne diferencialne enačbe veljajo v zvezni obliki, torej za vse točke prostora. Sistem enačb lahko poenostavimo, zaradi velikosti sile teže v primerjavi z drugimi in zaradi tankosti atmosfere v primerjavi z njenimi horizontalnimi razsežnostmi. Najbolj pogosti poenostavitvi sta predpostavki o nestisljivosti zraka in o veljavnosti hidrostatične aproksimacije.

Ob realnih začetnih in robnih pogojih ni analitičnih rešitev tega sistema.

Skupini postopkov in algoritmov za reševanje tega sistema enačb pravimo meteorološki model.

Zgoraj napisane parcialne diferencialne enačbe, so sestavljene iz gibalne enačbe, kontinuitetne enačbe, enačbe stanja in termodinamske energijske enačbe.

- Gibalna enačba:

Velja na vrteči se Zemlji. V enačbo vstavimo vsote vseh zunanjih sil in upoštevamo del zemeljske teže.

- Kontinuitetna enačba:

Če v neki zamišljeni volumen priteka več mase, kot je iz njega odteka, se bo masa tam povečevala, če je več odteka, kot priteka, pa se bo zmanjševala. Volumen, ki oklepa nek prostor je konstanten ($V = \text{konst.}$), povečevala oziroma zmanjševala se bo gostota $\rho = m / V$.

- Enačba stanja:

Zrak je plin in zanj tudi v naravi velja enačba stanja ali plinska enačba: $pV = \frac{m}{M} RT$

Ker merimo v zraku temperaturo in tlak, ne pa volumna, zapišemo enačbo stanja za masno enoto: $p = \rho RT$

Enačba stanja povezuje tlak, gostoto in temperaturo.

- Termodinamska energijska enačba:

$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\rho c_p} \frac{dp}{dt} + \frac{1}{mc_p} \frac{dQ}{dt}$, ta energijska enačba kaže, da se v zraku temperatura ne

spreminja samo takrat, kadar mu dovajamo ali odvajamo toploto, temveč tudi, če se stiska ali razteza. [1]

8. METEOROLOŠKI MODELI

Meteorološki model je skupek matematičnih enačb, ki opisujejo gibanje zraka in pretvorbo vodne pare v atmosferi. Ta sistem rešujemo numerično, saj je nelinearen in analitično ni rešljiv. Pri tem poznamo začetne pogoje le z omejeno natančnostjo, zato še tako dober model ne more zagotoviti popolne zanesljivosti napovedi.

Je obsežen računalniški program, za numerično simuliranje pojavov v ozračju. V enem meteorološkem modelu, je približno 1,5 milijona vrstic kode.

```

!   ATMOSPHERIC FLUXES.
DO JLEV=KLEV-1,KT DIA,-1
DO JLON=KIDIA,KFDIA
PFRTH(JLON,JLEV)=PFRTH(JLON,JLEV)+ZRCOR(JLON)
ENDDO
IF ( C.3MT OR LSTRAPRO ) .AND. LDIFCONS ) THEN
!   FROM "MOIST AND CONSERVATIVE" VARIABLES TO THE "DRY" ONES.
DO JLEV=KLEV-1,KT DIA,-1
DO JLON=KIDIA,KFDIA
ZDIFTS=ZKSRV(JLON,JLEV)*(ZN1(JLON,JLEV)-ZN1(JLON,JLEV+1))
ZDIFTC=ZKSRV(JLON,JLEV)*(ZN2(JLON,JLEV)-ZN2(JLON,JLEV+1))
ZDIFTC=ZALPHA(JLON,JLEV)*ZDIFTC+ALPHA(JLON,JLEV)*ZDIFTS
PDIFTS(JLON,JLEV)=ZDIFTS-ZDIFTC*ZLVT(JLON,JLEV)
PDIFTC(JLON,JLEV)=ZDIFTC-ZDIFTS*ZLVT(JLON,JLEV)
PDIFTC(JLON,JLEV)=ZDIFTC*(1.0_C_PRRB-ZQJCE(JLON,JLEV))
PDIFTS(JLON,JLEV)=ZDIFTS*(1.0_C_PRRB-ZQJCE(JLON,JLEV))
ENDDO
ELSE
DO JLEV=KLEV-1,KT DIA,-1
DO JLON=KIDIA,KFDIA
PDIFTS(JLON,JLEV)=ZKSRV(JLON,JLEV)*(ZN1(JLON,JLEV)-ZN1(JLON,JLEV+1))
PDIFTC(JLON,JLEV)=ZKSRV(JLON,JLEV)*(ZN2(JLON,JLEV)-ZN2(JLON,JLEV+1))
PDIFTC(JLON,JLEV)=0.0_C_PRRB
PDIFTS(JLON,JLEV)=0.0_C_PRRB
ENDDO
ENDIF
!   UPPER BOUNDARY CONDITION.
DO JLON=KIDIA,KFDIA
PFRTH(JLON,KT DIA-1)=PFRTH(JLON,KT DIA-1)+ZRCOR(JLON)
PDIFTC(JLON,KT DIA-1)=0.0_C_PRRB
PDIFTS(JLON,KT DIA-1)=0.0_C_PRRB
PDIFTC(JLON,KT DIA-1)=0.0_C_PRRB
PDIFTS(JLON,KT DIA-1)=0.0_C_PRRB
ENDDO
!   LOWER BOUNDARY CONDITIONS.
DO JLON=KIDIA,KFDIA
PDIFTC(JLON,KLEV)=0.0_C_PRRB
PDIFTS(JLON,KLEV)=0.0_C_PRRB
ENDDO

```

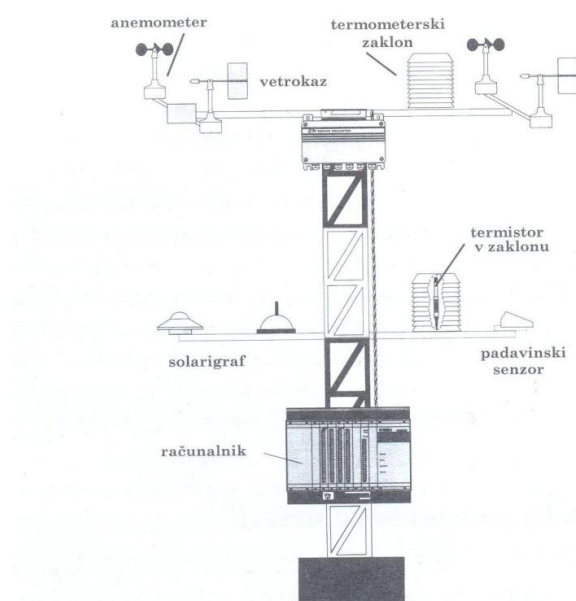
Slika 2: Izsek iz meteorološkega modela, zapis v fortranu (http://www.meteo-drustvo.si/data/upload/simpleNWP_SMD.pdf, 5.12.2013)

Svetovni splet omogoča dostop do množice različnih vremenskih napovedi. Posamezne po navadi temeljijo na direktni uporabi modelskih izračunov določenega meteorološkega modela (po navadi gre za ameriškega GFS/NCEP). Vendar je na svetu precej različnih meteoroloških modelov. Poleg evropskega in ameriškega so še francoski, nemški, britanski, japonski, in tako naprej. Kljub temu, da načeloma vsi uporabljajo skoraj enake začetne pogoje, pa prihaja po določenem času do razhajanj v napovedi. Manjša ko so ta razhajanja, bolj zanesljiva je sama napoved. Statistike zanesljivosti posameznih modelov pa govorijo v prid evropskega (ECMWF) modela. [5]

9. AVTOMATSKE METEOROLOŠKE POSTAJE

Meteorološke postaje so opremljene s standardnimi in registrirnimi instrumenti, pogosto pa so na istem mestu nameščeni tudi elektronski senzorji za merjenje meteoroloških spremenljivk. Kadar pa so vsi senzorji povezani še z računalnikom, takšni postaji pravimo, da je avtomatska.

Računalnik opravlja meritve, v naprej določenem programu. Meritve opravlja v kratkih časovnih intervalih, nato pa iz njih izračuna časovna povprečja. Avtomatska meteorološka merilna postaja lahko zelo pomaga meteorološkemu opazovalcu, povsem nadomestiti pa ga ne more. Opazovanje vremenskih pojavov in oblakov najbolje opravi opazovalec, prav tako, so izkušnje pokazale, da nenadzorovana avtomatska meteorološka postaja kmalu začne delovati slabo. [3]



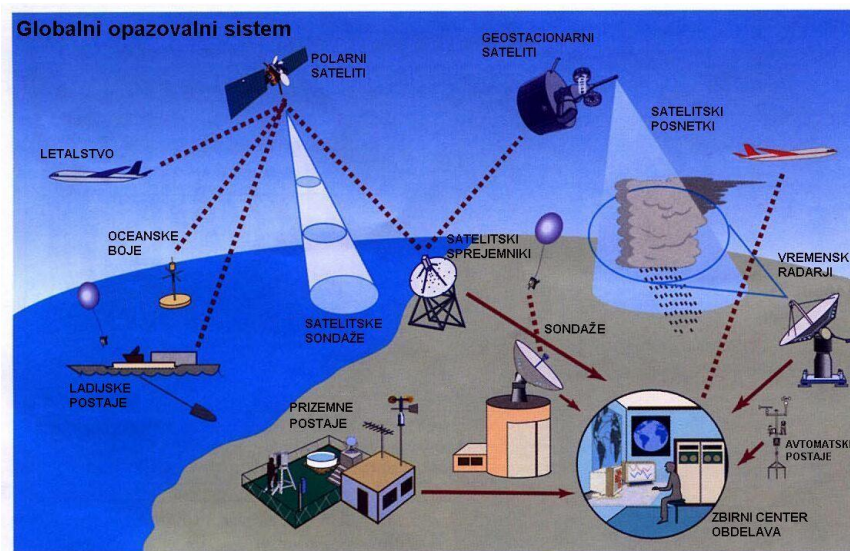
Slika 3: Avtomatska meteorološka postaja (wikipedija, 5.12.2013)

10. METEOROLOŠKI SATELITI

So naprave za daljinsko opravljanje ozračja in za opravljanje nekaterih meritev v ozračju. Glede na oddaljenost in način delovanja ločimo geostacionarne in polarno-orbitalne satelite.

Geostacionarni sateliti se vrtijo okoli središča Zemlje na oddaljenosti okoli 36000 km v ekvatorialni ravni, tako da se vrtijo z enako hitrostjo kot Zemlja. Meteorologi uporabljajo te satelite za slikanje oblakov.

Polarno-orbitalni sateliti krožijo okoli Zemlje po nižjih orbitah kot geostacionarni. Orbite so večinoma izbrane tako, da satelit obkroži Zemljo v eni do dveh urah. Ker letijo nizko, posnamejo le pas zemeljskega površja nekaj sto kilometrov levo in desno od svoje orbite. [6]



Slika 4: Prikaz globalnega opazovalnega sistema (http://www2.arnes.si/~gljsentvid10/aktualno_2007.html, 5.12.2013)

11. LOKALNI VREMENSKI ZNAKI

Če hočemo razumeti in uporabljati lokalne vremenske znake, moramo dobro poznati meteorologijo in tudi geografske značilnosti nekega območja. Nekaj splošnih vremenskih znakov, ki veljajo večinoma ne glede na geografsko lokacijo:

- Gore dobijo oblačne kape: znak, da je začel v višjih plasteh ozračja dotekati bolj vlažen zrak, kar pomeni, da se obeta poslabšanje vremena.
- Rosa ali slana sta znanilca lepega vremena: sta posledica močnega nočnega ohlajanja ob jasnem in mirnem vremenu.
- Hladni predmeti se čez dan omočijo: pričel je dotekati bolj vlažen zrak, na hladnih predmetih se kondenzira voda. [1]

12. PISNI VIRI IN LITERATURA

- [1] Jože Rakovec, Tomaž Vrhovec. Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike. Ljubljana; DMFA - založništvo, 2007
- [2] <http://ciklon.si/stran/?p=1685> [5.12.2013]
- [3] http://www.fmf.uni-lj.si/~zagarn/s_meteoroloska_opazovanja.php [5.12.2013]
- [4] http://www.dvrs.bf.uni-lj.si/spvr/2005/07zagar_05.pdf [3.1.2014]
- [5] http://www.meteo-drustvo.si/data/upload/simpleNWP_SMD.pdf [5.12.2013]
- [6] http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Meteoroloski_sateliti.pdf [5.12.2013]



Fakulteta za strojništvo

Širjenje ozonske luknje

Seminarska naloga pri predmetu

Prenosni pojavi v okolju

Študentka: Kim Barta

Študijski program: univerzitetni študijski program 1. Stopnje

Smer: Tehniško varstvo okolja

Mentor: izredni profesor. Jure Ravnik

November, 2013

Kazalo vsebine

Uvod	3
1. Kaj je ozonska luknja	4
1.1 O ozonski luknji	4
2. Ozon (O ₃)	5
2.1 O ozonu.....	5
2.2. Kaj povzroča ozonsko luknjo	6
2.3 Ozon in kemija	7
2.3.1 kemijske reakcije	8
3. Širjenje ozonske luknje	11
3.1 kaj jo povzroča.....	11
3.2 posledice ozonske luknje.....	15
3.2.1 Povezava med tanjšanjem ozonske luknje in tople grede	15
4. Rešitve in ukrepi	17
Kazalo slik	18
Kazalo tabel	18
Viri	19

Uvod

Ozonska luknja je znan pojav, ki je problematičen za naše zdravje in okolje. Je problem, ki je pritegnil pozornost veliko pozornost javnosti tako, da je 16. september postav Mednarodni dan zašite ozonske plasti. Na ta dan je bil leta 1987 sprejet Montrealski protokol, ki je pripomogel k učinkovitemu zmanjšanju izpuščanja ozonu škodljivih snovi v ozračje.



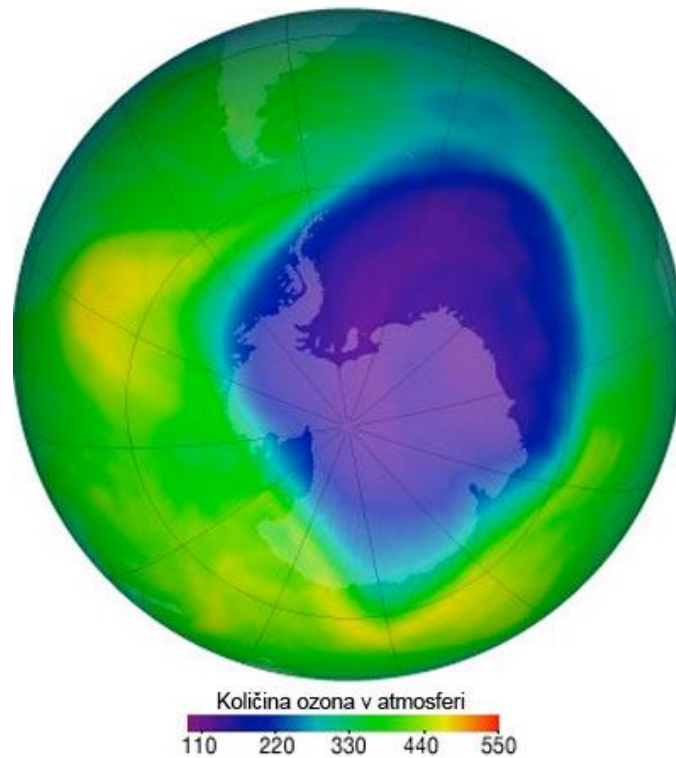
SLIKA 1 POTISNI PLIN [HTTP://WWW.BODIEKO.SI/KEMIKALIJE-KI-NAJ-BI-RESILE-PROBLEM-Z-OZONSKO-LUKNJO-POVZROCAJO-KISLI-DEZ](http://www.bodieko.si/kemikalije-ki-naj-bi-resile-problem-z-ozonsko-luknjo-povzrocajo-kisli-dez)

1. Kaj je ozonska luknja

1.1 O ozonski luknji

Ozonska luknja nastane, kot posledica prevelike količine halogeniranih freonov, največja ozonska luknja je nad Antarktiko.

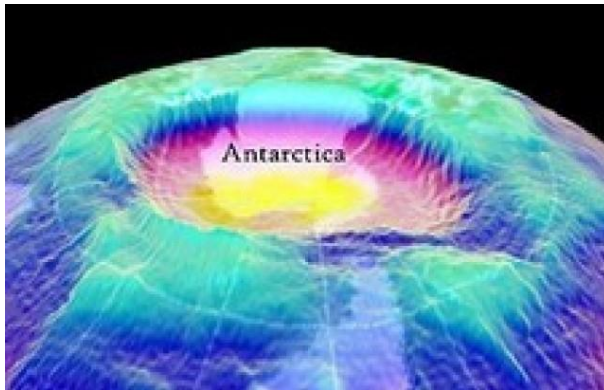
Ozonska luknja prepušča ultravijolične žarke, ki se sicer ustavijo ali zredčijo v ozonu. Ozona a je v atmosferi malo, če bi ga zbrali na morski gladini in ohladili na 0 stopinj Celzija bi ga bila za 2 do 5 mm debelo plast .Ozonska luknja je največja v jesenskem času, meritve po ARSU kažejo, da se ozonska plast ne tanjša zgolj nad Antarktiko, ampak je tanjšanje v manjši meri opazno tudi v zmernih geografskih širinah in ne le nad južno poloblo, ampak tudi nad severno *(vir 1 in 2)*



SLIKA 2 KOLIČINA OZONA V ATMOSFERI [HTTP://WWW.BODIEKO.SI/OZONSKA-LUKNJA](http://www.bodiek.si/ozonska-luknja)

2. Ozon (O₃)

Ozon je polarna, zvita molekula, ki spominja na molekulo vode. Je resonančni hibrid z enojno vezjo na eni in dvojno na drugi strani. Ozon je močan oksidant, mnogo močnejši kot običajni kisik, O₂. Pri večjih koncentracijah je nestabilen in razpade v običajni dvoatomni kisik. Pri atmosferskih pogojih, je razpolovni čas približno pol ure. ko se ozonska plast stanjša ali je ni tam nastane ozonska luknja. (vir 1,5)

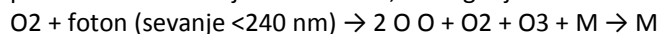


SLIKA 3 3D PRIKAZ OZONSKE LUKNJE [HTTP://EKO-BTC.SI/POSTANI_ZELENI_AGENT/ZELENIDOM/CLANKI/435/LANI%20MANI%C5%A1A%20OZONSKA%20LUKNJA/](http://eko-btc.si/postani_zeleeni_agent/zelelidom/clanki/435/LANI%20MANI%C5%A1A%20OZONSKA%20LUKNJA/)

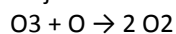
2.1 O ozonu

Ozon (O₃) je visoko reaktiven plin, ki ga sestavljajo trije atomi kisika. Lahko je »koristen« ali »škodljiv«, odvisno od višine nahajanja v ozračju. S terminom »koristen ozon« označujemo stratosferski ozon, ki je posledica naravnega procesa tvorbe ozona. (vir 1)

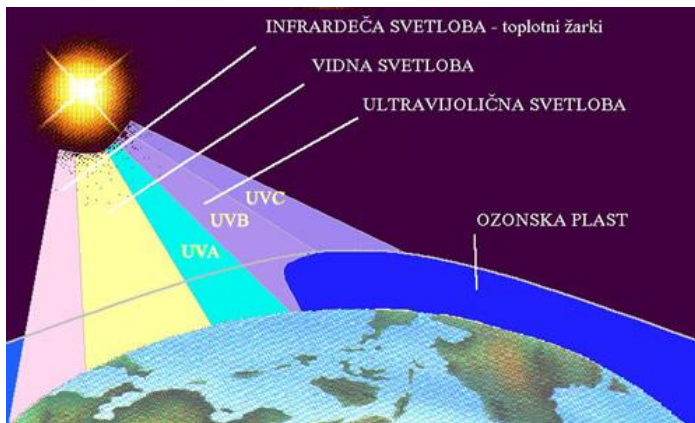
Najvišja raven ozona v atmosferi je v stratosferi, v regiji, znan tudi kot ozonski plašč, približno 18 km in do 50 km nad površino (ali med približno 6 in 31 miljami). Tukaj se izločijo fotoni s krajše valovne dolžine (manj kot 320 nm). Z ultravijolično svetlobo, imenovano tudi UV žarki, (270 do 400 nm) od Sonca, ki bi bila škodljiva za večino živih bitij. Ta valovna dolžina sodi med tiste, ki so odgovorne za proizvodnjo vitamina D pri ljudeh. Ozon v stratosferi je večinoma proizveden iz ultravijoličnih žarkov, ki reagirajo s kisikom:



To je uničeno zaradi reakcije z atomskim kisikom:



Slednja reakcija se katalizira v prisotnosti določenih prostih radikalov, ki so najpomembnejši hidroksilnih (OH), dušikov oksid (NO) in atomsko klor (Cl) in broma (Br). V zadnjih desetletjih se je količina ozona v stratosferi zmanjšala predvsem zaradi emisij CFC-jev in podobnih kloriranih in bromiranih organskih molekul, ki so povečala koncentracijo tanjšanja ozonskega plašča, katalizatorji nad naravnega ozadja. Saj ozon predstavlja le 0,00006 % atmosfere. (vir 1,7)



SLIKA 4 PADANJE SVETLOBE SKOZI ATMOSFERO [HTTP://WWW.ENERGAP.SI/?VIEWPAGE=113](http://www.energap.si/?viewPage=113)

2.2. Kaj povzroča ozonsko luknjo

Ozonska luknja se povečuje, saj se je količina stratosferskega ozona nad Evropo, Severno Ameriko in Azijo zmanjšala za 3 %, za 1 % manj ozona v stratosferi pa pomeni 2-odstotno povečanje UV žarčenja v našem okolju in zato za 5 % več kožnega raka. UV žarki v območju valovnih dolžin od 200 do 300 nm lahko poškodujejo DNK, škodljivo delujejo na imunski sistem in zato se zmanjša odpornost proti virusom in parazitom. (vir 2)

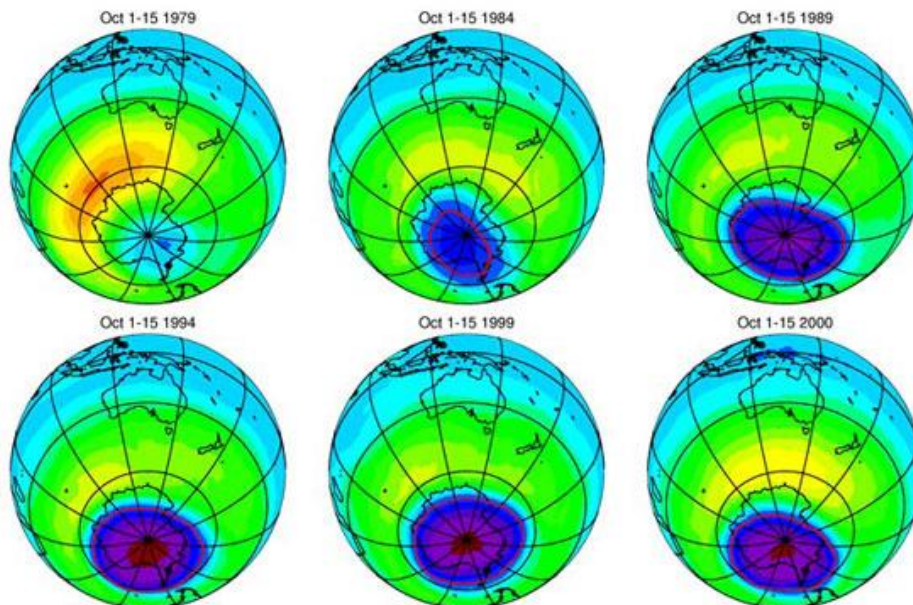
Snovi, ki uničujejo ozonsko plast, so zlasti dušikovi oksidi in klorofluorogljikovodikove spojine ali klorofluorogljiki (CFC).

CFC pline so do leta 1990 uporabljali zaradi negorljivosti in nereaktivnosti pri proizvodnji penastih plastičnih mas, v hladilni tehniki in kot potisne pline v pršilkah. Sproščeni CFC se dvigajo v stratosfero, vendar 95 % teh plinov, ki so jih spustili med leti 1955 in 1990, še ni doseglo stratosfere. Klorofluorogljikovodiki se v stratosferi razkrojijo in sprosti se klor, ki katalizira razkroj ozona:



Sproščeni klor znova reagira z ozonom in reakcija se ponavlja. Ena sama molekula CFC sproži pretvorbo 10.000 molekul ozona v dvoatomarne molekule kisika.

Trenutno površina ozonske luknje znaša 27 milijonov kvadratnih kilometrov, kar je večje od površine Severne Amerike. (vir 2, 5, 6)



SLIKA 5 PRIKAZ VELIKOST OZONSKE LUKNJE DO LETA 2000 [HTTP://WWW.BODIEKO.SI/VSE-VECJA-OZONSKA-LUKNIA](http://www.bodiekko.si/vse-vecja-ozonska-luknja)

2.3 Ozon in kemija

V dolgi 6 mesecev trajajoči temačni zimi polarnih območij južne poloble, se nad Antarktiko pojavi zelo hladen zrak s T do -90°C . Tako je dovolj mrzlo, da vodni hlapi v suhem ozračju zmrznejo in se spremenijo v ledene kristale stratosferskih oblakov. S pomočjo kemičnih reakcij na ledenih kristalih, se klorove spojine iz neaktivnih oblik preoblikujejo v aktivne molekule, ki so zelo občutljive na sončno svetlobo. (vir 3)

Prvi spomladanski žarki v hladnem ozračju nad Antarktiko (septembra) začnejo sproščati klor in silovita kemična reakcija uničevanja, ozona traja 5 ali 6 tednov. V tej reakciji se 2 molekuli ozona pretvorita v 3 molekule kisika, klor pa preživi nedotaknjen in je sposoben uničiti naslednje molekule ozona. To je bistvo tanjšanja ozonske plasti na Antarktiki.

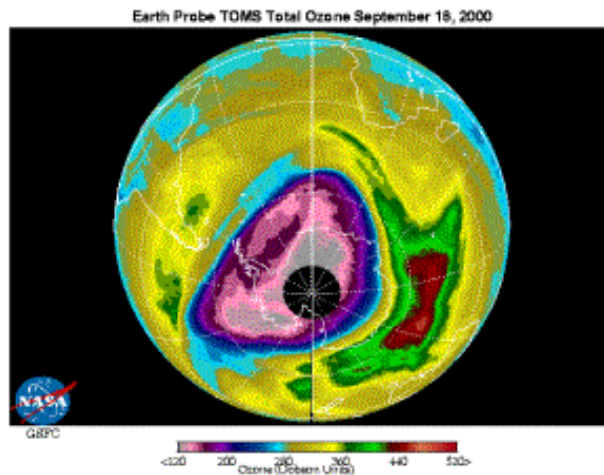
Oktobrski pojav izrazite antarktične luknje je posledica treh vzrokov:

Zrak nad Antarktiko je najbolj hladen; več je ledenih kristalov in ob njihovi navzočnosti klor iz CFC-ja hitreje uničuje molekule ozona.

Širjenje ozonske luknje

Zaradi močnih vrtničastih vetrov so kloridi, kristali ledu in molekule ozona pred prihodom sončnih žarkov tesno skupaj.

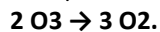
Šele po 6 mesecih pride Sonce in začne se intenzivna verižna reakcija uničevanja ozona, nato pa se veter zmanjša in pride do obogatitev ozona iz soseščine. (viri 11, 12, 13)



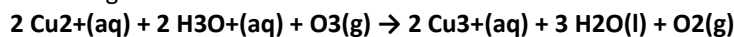
SLIKA 6 NASINA SLIKA OZONSKE LUKNJE LETA 2000 [HTTP://WWW.KEMIJA.ORG/INDEX.PHP/OKOLJE-MAINMENU-40/25-OKOLJECAT/74-OZONSKA-LUKNJA](http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/74-ozonska-luknja)

2.3.1 kemijske reakcije

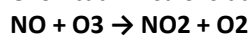
Ozon je močan oksidant, veliko boljši od kisika. Tudi v večjih koncentracijah je zelo nestabilen in neprestano razpada na dvoatomni kisik (v približno polovici ure v atmosferskih pogojih):



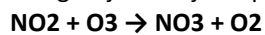
Ta proces teče hitreje z višanjem temperature in nižanjem tlaka. Deflagmacijo ozona lahko sproži ena sama iskra, to pa lahko povzroči povišanje koncentracije ozona na 10 wt%. Ozon bo oksidiral vse kovine (razen zlata, platine in iridija) v najvišjo oksidacijsko stopnjo izbranega kovinskega oksida:



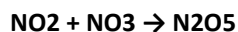
Ozon tudi zviša oksidacijsko število oksidov:



Pri zgornji reakciji se sprošča svetloba. NO₂ je lahko še nadaljnje oksidiran:

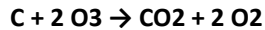


Nastali NO₃ lahko reagira s prebitkom NO₂ in z njim tvori didušikov pentaoksid (N₂O₅):



Širjenje ozonske luknje

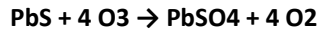
Ozon reagira tudi z ogljikom in tvori ogljikov dioksid celo pri sobni temperaturi:



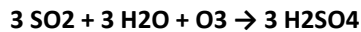
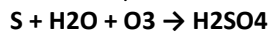
Ozon ne reagira z amonijevimi solmi temveč skupaj z amoniakom tvori amonijev nitrat:



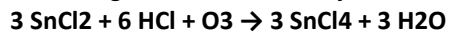
Ozon v reakciji z sulfidi tvori sulfate:



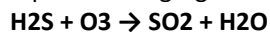
Tako z žveplom v vodi, kot z žveplovim dioksidom ozon tvori žveplovo kislino:



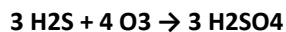
Ozon reagira tudi v kombinaciji z kloridi II. skupine:



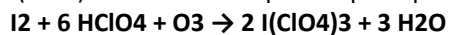
V plinastem agregatnem stanju, ozon reagira z vodikovim sulfidom in tvori žveplov dioksid:



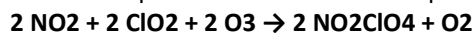
v vodni raztopini tako pride do dveh tekmujočih hkratnih reakcij. Pri prvi nastaja nastaja žveplo v elementarni obliki (ta hitro tvori druge spojine) in pri drugi žveplova kislina:



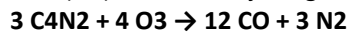
I(ClO₄)₃ lahko nastane po tem postopku:



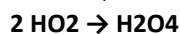
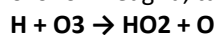
Trden nitril perklorat lahko nastane iz plinov NO₂, ClO₂ in O₃:



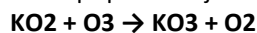
Ozon je lahko rabljen za reakcije gorenja plinov, saj ponuja višje temperature vnetišča kot kisik (O₂). Sledi reakcija za gorenje ogljikovega subnitrida:



Ozon lahko reagira tudi pri temperaturah pod lediščem. Pri 77 K (-196 °C) vodik s mtekočim ozonom reagira, tako da nastane radikal vodikovega superoksida:



Ozonidi, ki vsebujejo ozonidni anion O₃⁻, so eksplozivne snovi in morajo biti shranjene pri temperaturah pod lediščem. Znani so ozonidi za vse alkalijske kovine. KO₃, RbO₃ in CsO₃ se lahko pripravi iz njihovih oksidov:

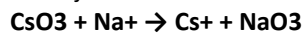


KO₃ lahko nastaja tako po zgornjem postopku, kot pri reakciji kalijevega hidroksida in ozona:

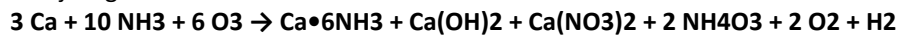


Širjenje ozonske luknje

NaO₃ in LiO₃ se mora pripraviti z reakcijo CsO₃ v tehočem NH₃ na ionski zamenjavi smole, ki vsebuje Na⁺ ali Li⁺ ione:



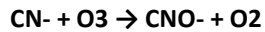
Obdelava kalcija z ozonom, raztopljenim v amoniaku, vodi do amonijevega ozonida, ne pa do kalcijevega ozonida:



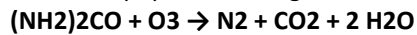
Ozon se lahko uporabi za odstranjevanje mangana iz vode, nastalo oborino pa se lahko odstrani s filtriranjem:



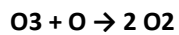
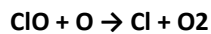
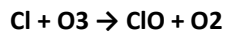
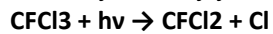
Ozon lahko tudi spremeni cianide v tisočkrat manj toksične cianate:



Ozon tudi popolnoma razgradi sečnino:



Prosti radikali klora in broma v F-plinih (CFC, PFC, HFC, idr.), ki izhajajo iz raznih naprav in izdelkov, potrebujejo kar nekaj let, da se dvignejo do zgornjih plasti atmosfere, potem pa se desetletja zadržujejo tam. Pri tem reagirajo z molekulami ozona in jih uničujejo.



(vir 3, 4)



SLIKA 7 ATMOSFERA

[HTTPS://WWW.GOOGLE.SI/SEARCH?Q=OZONSKA+LUKNJA&TBM=ISCH&TBO=U&SOURCE=UNIV&SA=X&EI=MFBFUP27M8FBSWBI9IHGCA&VED=0CDMQSAQ&BIW=1366&BIH=642#Q=POTISNI%20PLINI%20RAZPR%C5%A1ILCI&TBM=ISCH&IMGDII=](https://www.google.si/search?q=OZONSKA+LUKNJA&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=MFBFUP27M8FBSWBI9IHGCA&ved=0CDMQSAQ&biw=1366&bih=642#q=POTISNI%20PLINI%20RAZPR%C5%A1ILCI&tbm=isch&imgdii=)

3. Širjenje ozonske luknje

Ozonska luknja nastaja kot sem že prej omenila nad Antarktiko in se navadno začne razvijati sredi avgusta.

Ozon se kopiči severno, od polarnega vrtinca, vrednosti se bližajo 400 DU. Znotraj vrtinca se je debelina zaščitne ozonske plasti pospešeno tanjša, najnižje vrednosti so bile ob koncu druge tretjine avgusta 2009. Ponekod so dosege okoli 200 DU. Povsod nad celino so bile vrednosti povprečne. (vir 4)

3.1 kaj jo povzroča

Tu je tabela iz ARSO, ki prikazuje pline, ki vplivajo na tanjšanje ozonske luknje.

Seznam snovi (šifrant)	Ime snovi	Kemijska formula	Oznaka 1	Oznaka 2
OZONU ŠKODLJIVE SNOVI				
I. skupina: klorofluoroogljikovodiki (CFC)				
1	triklorofluorometan	CFCl ₃	CFC-11	R11
2	diklorodifluorometan	CF ₂ Cl ₂	CFC-12	R12
3	triklorotrifluoroetan	C ₂ F ₃ Cl ₃	CFC-113	R113
4	diklorotetrafluoroetan	C ₂ F ₄ Cl ₂	CFC-114	R114
5	kloropentafluoroetan	C ₂ F ₅ Cl	CFC-115	R115
II. skupina: drugi popolnoma halogenirani klorofluoroogljikovodiki (CFC)				
6	klorotrifluorometan	CF ₃ Cl	CFC-13	R13
7	pentaklorofluoroetan	C ₂ FCl ₅	CFC-111	R111
8	tetraklorodifluoroetan	C ₂ F ₂ Cl ₄	CFC-112	R112
9	heptaklorofluoropropan	C ₃ FCl ₇	CFC-211	R211
10	heksaklorodifluoropropan	C ₃ F ₂ Cl ₆	CFC-212	R212
11	pentaklorotrifluoropropan	C ₃ F ₃ Cl ₅	CFC-213	R213
12	tetraklorotetrafluoropropan	C ₃ F ₄ Cl ₄	CFC-214	R214
13	trikloropentafluoropropan	C ₃ F ₅ Cl ₃	CFC-215	R215
14	dikloroheksafluoropropan	C ₃ F ₆ Cl ₂	CFC-216	R216
15	kloroheptafluoropropan	C ₃ F ₇ Cl	CFC-217	R217
III. skupina: haloni				
16	difluoroklorobromometan	CF ₂ BrCl	halon-1211	R12B1
17	trifluorobromometan	CF ₃ Br	halon-1301	R13B1
18	dibromotetrafluoroetan	C ₂ F ₄ Br ₂	halon-2402	R114B2
IV. skupina: ogljikov tetraklorid				
19	tetraklorometan	CCl ₄	ogljikov tetraklorid	R10

	V. skupina: 1,1,1-trikloroetan			
20	1,1,1-trikloroetan	C2H3Cl3		R140a
	VI. skupina: metilbromid			
21	bromometan	CH3Br	metilbromid	R 40B1
	VII. skupina: delno halogenirani bromofluorogljikovodiki (HBFC)			
22	dibromofluorometan	CH2Br2		
23	bromodifluorometan	CHF2Br	(HBFC-22B1)	
24	bromofluorometan	CH2FBr		
25	tetrabromofluoroetan	C2H2Br4		
26	tribromodifluoroetan	C2H2Br3F		
27	dibromotrifluoroetan	C2H2Br2F2		
28	bromotetrafluoroetan	C2H2BrF3		
29	tribromofluoroetan	C2H2Br3F		
30	dibromodifluoroetan	C2H2Br2F2		
31	bromotrifluoroetan	C2H2BrF3		
32	dibromofluoroetan	C2H2Br2F		
33	bromodifluoroetan	C2H2BrF2		
34	bromofluoroetan	C2H2BrF		
35	heksabromofluoropropan	C3H2Br6		
36	pentabromodifluoropropan	C3H2Br5F		
37	tetrabromotrifluoropropan	C3H2Br4F2		
38	tribromotetrafluoropropan	C3H2Br3F3		
39	dibromopentafluoropropan	C3H2Br2F4		
40	bromoheksafluoropropan	C3H2BrF5		
41	pantabromofluoropropan	C3H2Br5F		
42	tetrabromodifluoropropan	C3H2Br4F2		
43	tribromotrifluoropropan	C3H2Br3F3		
44	dibromotetrafluoropropan	C3H2Br2F4		
45	bromopentafluoropropan	C3H2BrF5		
46	tetrabromofluoropropan	C3H2Br4F		
47	tribromodifluoropropan	C3H2Br3F2		
48	dibromotrifluoropropan	C3H2Br2F3		
49	bromotetrafluoropropan	C3H2BrF4		
50	tribromofluoropropan	C3H2Br3F		
51	dibromodifluoropropan	C3H2Br2F2		
52	bromotrifluoropropan	C3H2BrF3		
53	dibromofluoropropan	C3H2Br2F		
54	bromodifluoropropan	C3H2BrF2		
55	bromofluoropropan	C3H2BrF		
	VIII. skupina: delno halogenirani klorofluorogljikovodiki (HCFC)			
56	diklorofluorometan	CHFCl2	HCFC-21	R21
57	klorodifluorometan	CHF2Cl	HCFC-22	R22
58	klorofluorometan	CH2FCl	HCFC-31	R31
59	tetraklorofluoroetan	C2HCl4	HCFC-121	R121
60	triklorodifluoroetan	C2HCl3F	HCFC-122	R122
61	diklorotrifluoroetan	C2HCl2F2	HCFC-123	R123
62	klortetrafluoroetan	C2HClF3	HCFC-124	R124
63	triklorofluoroetan	C2HCl3F	HCFC-131	R131

64	diklorodifluoroetan	C2H2F2Cl2	HCFC-132	R132
65	klorotrifluoroetan	C2H2F3Cl	HCFC-133	R133
66	diklorofluoroetan	C2H3FCI2	HCFC-141	R141
67	diklorofluoroetan	CH3CFCl2	HCFC-141b	R141b
68	klorodifluoroetan	C2H3F2Cl	HCFC-142	R142
69	klorodifluoroetan	CH3CF2Cl	HCFC-142b	R142b
70	klorofluoroetan	C2H4FCI	HCFC-151	R151
71	heksaklorofluoropropan	C3HFCl6	HCFC-221	R221
72	pentaklorodifluoropropan	C3HF2Cl5	HCFC-222	R222
73	tetraklorotrifluoropropan	C3HF3Cl4	HCFC-223	R223
74	triklorotetrafluoropropan	C3HF4Cl3	HCFC-224	R224
75	dikloropentafluoropropan	C3HF5Cl2	HCFC-225	R225
76	dikloropentafluoropropan	CF3CF2CHCl2	HCFC-225ca	R225CA
77	dikloropentafluoropropan	CF2ClCF2CHClF	HCFC-225cb	R225CB
78	kloroheksafluoropropan	C3HF6Cl	HCFC-226	R226
79	pentaklorofluoropropan	C3H2FCI5	HCFC-231	R231
80	tetraklorodifluoropropan	C3H2F2Cl4	HCFC-232	R232
81	triklorotrifluoropropan	C3H2F3Cl3	HCFC-233	R233
82	diklorotetrafluoropropan	C3H2F4Cl2	HCFC-234	R234
83	kloropentafluoropropan	C3H2F5Cl	HCFC-235	R235
84	tetraklorofluoropropan	C3H3FCI4	HCFC-241	R241
85	triklorodifluoropropan	C3H3F2Cl3	HCFC-242	R242
86	diklorotrifluoropropan	C3H3F3Cl2	HCFC-243	R243
87	klorotetrafluoropropan	C3H3F4Cl	HCFC-244	R244
88	triklorofluoropropan	C3H4FCI3	HCFC-251	R251
89	diklorodifluoropropan	C3H4F2Cl2	HCFC-252	R252
90	klorotrifluoropropan	C3H4F3Cl	HCFC-253	R253
91	diklorofluoropropan	C3H5FCI2	HCFC-261	R261
92	klorodifluoropropan	C3H5F2Cl	HCFC-262	R262
93	klorofluoropropan	C3H6FCI	HCFC-271	R271
	MEŠANICE, tudi s HFC			
94	mešanica		HCFC22/HFC152a HCFC124	R401A
95	mešanica		HCFC22/HFC152a HCFC124	R401B
96	mešanica		HCFC22/HFC152a HCFC124	R401C
97	mešanica		HCFC22/HC290 HFC125	R402A
98	mešanica		HCFC22/HC290 HFC125	R402B
99	mešanica		HCFC22/FC218 HC290	R403A
100	mešanica		HCFC22/FC218 HC290	R403B
101	mešanica		HCFC22/HCFC142 b/HFC152a/FC- C318	R405A
102	mešanica		HCFC22/HCFC142 b/HC600a	R406A
103	mešanica		HCFC22/HFC143a/	R408A

			HFC125	
104	mešanica		HCFC22/HCFC142 b/HFC124	R409A
105	mešanica		HCFC22/HCFC142 b/HFC124	R409B
106	mešanica		CFC12/HFC152a	R500
107	mešanica		CFC12/HCFC22	R501
108	mešanica		CFC115/HCFC22	R502
109	mešanica		CFC13/HFC23	R503
	IX. skupina - nove snovi			
110	bromoklorometan	CH ₂ BrCl	halon 1011	

TABELA 1 OZONU ŠKODLJIVI PLINI

Metoda izračuna skupnega potenciala globalnega segrevanja (GWP) za pripravke

Skupni GWP priprava je tehtano povprečje, izračunano iz vsote frakcij teže posameznih snovi, pomnoženih z njihovimi GWP.

$$\Sigma (\text{Snov X \%} \times \text{GWP}) + (\text{Snov Y \%} \times \text{GWP}) + \dots (\text{Snov N \%} \times \text{GWP}),$$

pri čemer % pomeni delež po teži z dovoljenim odstopanjem +/- 1 % po teži.

Primer: če uporabimo formulo za teoretično mešanico plinov, ki je sestavljena iz 23 % HFC-32, 25 % HFC-125 in 52 % HFC-134a, dobimo naslednje;

$$\Sigma (23 \% \times 550) + (25 \% \times 3400) + (52 \% \times 1300) \rightarrow \text{Skupni GWP} = 1652,5$$

<u>Fluorirani toplogredni plin</u>	<u>Kemijska formula</u>	<u>Potencial globalnega segrevanja (GAW)</u>
Žveplov heksafluorid	SF ₆	22200
<u>Fluorirani ogljikovodiki (HFC):</u>		
HFC-23	CHF ₃	12000
HFC-32	CH ₂ F ₂	550
HFC-41	CH ₃ F	97
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1500
HFC-125	C ₂ HF ₅	3400
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	120
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	330
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4300
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3500
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1300
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1200
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9400

HFC-245ca	$C_3H_3F_5$	640
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	950
HFC-365mfc	$CF_3CH_2CF_2CH_3$	890
<u>Perfluorirani ogljikovodiki (PFC)</u>		
Perfluorometan	CF_4	5700
Perfluoroetan	C_2F_6	11900
Perfluoropropan	C_3F_8	8600
Perfluorobutan	C_4F_{10}	8600
Perfluoropentan	C_5F_{12}	8900
Perfluoroheksan	C_6F_{14}	9000
Perfluorociklobutan	c- C_4F_8	10000

TABELA 2 TOPLOGREDNI F PLINI

(Vir 8, 10)

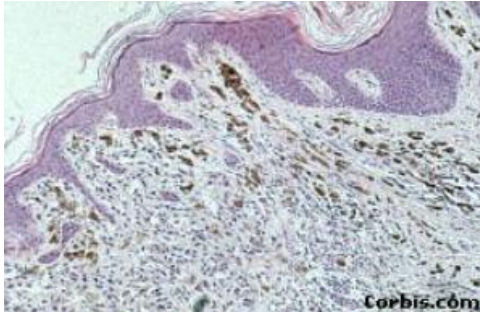
3.2 posledice ozonske luknje

Povečano UV sevanje tudi poveča možnost obolenja za kožnim rakom, še posebej ljudi, ki imajo malo zaščitnega pigmenta v koži. Za zaščito uporabljamo sredstva z visokim zaščitnim faktorjem. Povečala se bo okvara oči, astmatiki bodo še težje dihali.

Rast rastlin, bo upočasnjena, pridelka bo manj. Izumrli bodo občutljivi organizmi v vodah, kvaliteta zraka bo močno padla, razne kemijske mase se bodo začele razkrajati. (vir 3)

3.2.1 Povezava med tanjšanjem ozonske luknje in tople grede

Opozoriti je treba na medsebojno povezanost mehanizmov globalnega segrevanja zemlje in tanjšanja ozonske plasti. Mehanizma povratnih lokov obeh procesov se namreč medsebojno krepi. Globalno segrevanje povzroča večje izhlapevanje in vlažnost ozračja, zato se ujame več toplote, ki bi se sicer razpršila v višje plasti ozračja in v vesolje. Končni rezultat je torej toplejša nižja troposfera in hladnejša višja stratosfera. To povzroči, da se v stratosferi (z ozonsko plastjo) več vodnih hlapov spremeni v ledene kristale. Zlasti v polarnih območjih, kjer se CFC združujejo z ozonom ob navzočnosti ledu, ki pospešuje razkrajanje ozona. Zato prihaja do zemeljskega površja več UV žarkov, ki poškodujejo rastline in tako zmanjšujejo njihovo sposobnost vpivanja CO₂. Ker rastline absorbirajo manjše količine CO₂, se ta v večji količini ohranja v ozračju. Ozračje in zemeljsko površje se torej še bolj segreva, povečuje pa se ohlajanje višje stratosfere. (vir 3)



SLIKA 8 CELICE KOŽNEGA RAKA [HTTP://WWW.KEMIJA.ORG/INDEX.PHP/OKOLJE-MAINMENU-40/25-OKOLJECAT/74-OZONSKA-LUKNJA](http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/74-ozonska-luknja)

Povprečna temperatura na Zemlji se je v zadnjih 100 letih dvignila za dobre 0,5.

Vse močnejši učinek tople grede prinaša s seboj tudi vse pogostejše vremenske ujme s katastrofalnimi posledicami

*V 100 letih se je gladina morja dvignila za 25 cm.

*Arktičnega ledu je manj za eno desetino.

*Zaradi taljenja ledu se v Alpah zeleni pas pomika navzgor.

*Na severnem delu poloble se ptice selivke prej vračajo in kasneje odhajajo.

*Povečano UV sevanje povečuje možnost obolenja za kožnim rakom

*Povečuje se okvara oči, ter število ljudi, ki obolevajo za astmo

*Rast rastlin se bo upočasnila, pridelka bo manj

*Izumrli bodo občutljivi organizmi v vodah, kvaliteta zraka bo močno padla, razne kemijske mase se bodo začele razkrajati.

(vir 1, 6, 13)

4. Rešitve in ukrepi

Problematiko strokovnjaki rešujejo in raziskujejo že iz 80 let naprej. Problem se ne, da rešit kar čez noč. **Mednarodni ukrepi za zmanjšanje teh plinov so:**

Kjotski protokol

V skladu z Okvirno konvencijo Združenih narodov o podnebnih spremembah, si Kjotski protokol prizadeva za zmanjšanje učinkov globalnega segrevanja. Določa zavezujoče cilje za 39 industrijskih držav in EU za zmanjšanje emisij pomembnih toplogrednih plinov kot so CFC, HCFC in HFC (izraženo v tonah CO₂). Cilj je zmanjšanje teh emisij za 5,2% v primerjavi z letom 1990. Ko ga je leta 2005 sprejela Rusija, je postal globalni sporazu

Uredba (EC) št. 842/2006 o določenih fluoriranih toplogrednih plinih (Uredba o F-plinih)

Ta zakonodaja je Evropski odziv na Kjotski protokol, ki opredeljuje več področij, ki nudijo možnosti za večjo učinkovitost v boju proti emisijam TGP. Uredba opredeljuje nadzor za vodenje evidenc, pregled uhajanja in minimalne nivoje usposobljenosti inženirjev. Uredba je bila objavljena v Uradnem listu in je začela veljati s 4. julijem 2006 z uvedbo nadzora v letih 2007 in 2008.

Slovenski ukrepi pa

Skrajšano ime	Ime akta	Uradni list
<u>Ozonu škodljive snovi</u>	Uredba o izvajanju Uredbe (ES) o snoveh, ki tanjšajo ozonski plašč	57/11
<u>Ozonu škodljive snovi in F-plini</u>	Uredba o uporabi ozonu škodljivih snovi in fluoriranih toplogrednih plinov	41/10
<u>Ozonu škodljive snovi - NOVO! uporaba 1.1.2010</u>	Uredba (ES) št. 1005/2009 o snoveh, ki tanjšajo ozonski plašč	OJ L 286 (2009)

TABELA 3 AKTI SLO

VIRI (8, 9, 10)

Kazalo slik

Slika 1 potisni plini iz šprejev.....	3
Slika 2 količina ozona v atmosferi	4
Slika 3 3D prikaz ozonske luknje.....	5
Slika 4 padanje svetlobe skozi atmosfero	6
Slika 5 prikaz velikost ozonske luknje do leta 2000.....	7
Slika 6 Nasina slika ozonske luknje leta 2000.....	8
Slika 7 atmosfera	10
Slika 8 celice kožnega raka	16

Kazalo tabel

Tabela 1 ozonu škodljivi plini	14
Tabela 2 toplogredni f plini	15
Tabela 3 akti slo.....	17

Viri

- 1.) <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/ozon>
 - 2.) <http://vedez.dzs.si/dokumenti/dokument.asp?id=546>
 - 3.) <http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/74-ozonska-luknja>
 - 4.) https://www.google.si/search?q=posledice+ozonske+luknje&rlz=1C1ASUT_sISI559SI559&espv=210&es_sm=93&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=nFysUoE4xefLA-f1gegP&ved=0CDsQsAQ&biw=1092&bih=532
 - 5.) http://eko-btc.si/postani_zeleni_agent/zelenidom/clanki/435/Lani%20mani%C5%A1a%20ozonska%20luknja/
 - 6.) <http://www.bodieko.si/vse-vecja-ozonska-luknja>
 - 7.) <http://www.energap.si/?viewPage=113>
 - 8.) http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/news
 - 9.) http://www.linde-gas.si/sl/sheq/environment/refrigeration_and_the_environment/greenhouse_gas/greenhouse_gas_legislation.html
 - 10.) http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/tabela/2/page/1
 - 11.) *The atlas of global change / [the authors Lothar Beckel ... [et al.] ; edited by Lothar Beckel 1998
 - 12.) *Elsworth, Steve A dictionary of the environment / Steve Elsworth 1900
 - 13.) *Reid, Stephen J. Ozone and climate change : a beginner's guide / Stephen J. Reid 2000
- Vsi internetni viri so bili uporabljeni 12.11.2013 med (20.00- 24.00) in 12.12.2013 od (00.00-02.00)



Fakulteta za strojništvo

Univerza v Mariboru
Fakulteta za strojništvo

Odstranjevanje SO₂ iz dimnih plinov

Seminarska naloga pri predmetu Prenosni pojavi v okolju

Ime in priimek: Aljoša Šebjanič
Vpisna številka: S1018042
Program in stopnja študija: Tehniško varstvo okolja, 1. stopnja
Smer in letnik študija: Tehniško varstvo okolja, 2. letnik
Študijsko leto: 2013/2014
Mentor:izr. prof. dr. Jure Ravnik

Maribor, December 2013

Kazalo vsebine

Kazalo vsebine.....	2
1. Uvod.....	4
2. Žveplov dioksid (SO ₂).....	5
3. Posledice SO ₂	7
3.1 Kisel dež.....	7
3.2 Posledice za človeka in njegovo zdravje.....	8
4. Odstranjevanje SO ₂ iz okolja in ukrepi.....	8
4.1 Odstranjevanje SO ₂ in ukrepi za zmanjšanje prizemnih koncentracij.....	8
4.2 Odstranjevanje SO ₂ in onesnaževanje iz nizkih virov.....	9
4.3 Odstranjevanje SO ₂ in onesnaževanje iz visokih virov.....	9
4.4 Odstranjevanje SO ₂ iz termoelektrarn.....	11
5. Kako lahko vplivamo na onesnaženost zraka?.....	11
5.1 Zmanjševanje emisij.....	11
5.2 Sprejeti ukrepi.....	12
5.2.1 Termoelektrarne - toplotne in daljinsko ogrevanje.....	12
5.2.2 Industrijske kotlovnice in tehnološki procesi.....	12
5.2.3 Cestni in drugi promet.....	13
5.2.4 Ukrepi, ki posredno vplivajo na emisije SO ₂	13
6. Mednarodne obveznosti glede zmanjševanja.....	13
7. Zaključek.....	13
8. Viri in literatura.....	14

Kazalo slik

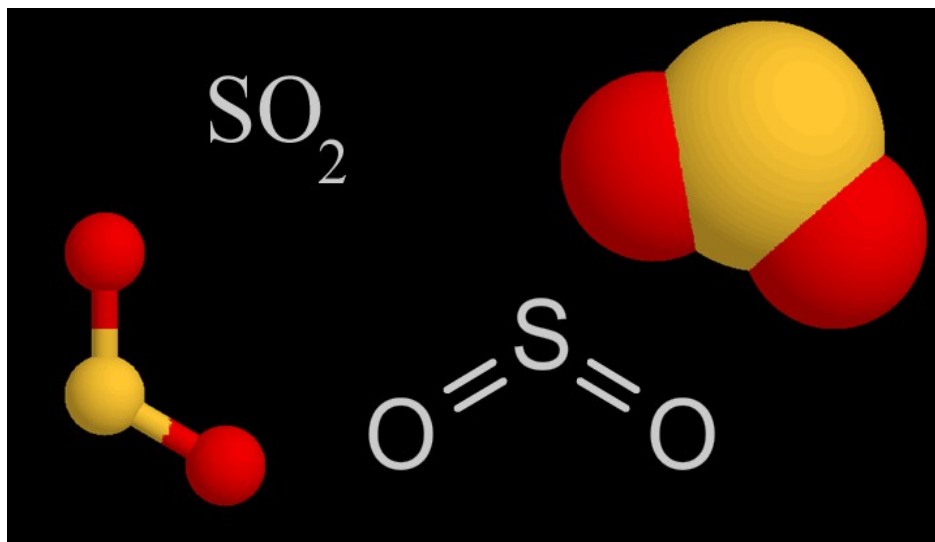
Slika 1 Struktura žveplovega dioksida [11].....	5
Slika 2 Zgorevanje žvepla v kisiku.....	6
Slika 3 Shema nastanka kislega dežja [12].....	8
Slika 4 Emisije žveplovega dioksida v Sloveniji (1990-2006) [13].....	12

1. Uvod

V tej seminarski nalogi vam bo predstavil kaj to sploh je žveplov dioksid (SO_2), kako nastane, kje ga je največ, njegovo problematiko in odstranjevanje. Kot sami veste je na splošno bilo v preteklosti dosti več emisij žveplovega dioksida (SO_2), ki ga pa danes s pomočjo sodobnejših tehnologij uspeva zmanjševati. Mi kot ljudje se ne zavedamo negativnih posledic žveplovega dioksida (SO_2), zaradi katerih emisij nastane kisli dež in sodra. Kajti ta kisel dež vpliva razdiralno na ekosisteme. Veliko izpušnih emisij SO_2 se da znižati predvsem z nekaterimi novimi vrstami goriv in z novejšimi dimniki. Poleg tega se pa tudi načrtuje, da naj bi se emisije žveplovega dioksida (SO_2) v bližnji prihodnosti zmanjšale.

2. Žveplov dioksid (SO₂)

Žveplov dioksid je brezbarven plin, ki je jedkega vonja in strupen ter se v vodi dobro raztaplja (pri tem nastane žveplova kislina). Kemijska vez v molekuli je kovalentna-dvojna vez (med S in O). Žveplov dioksid nastaja v ognjenikih in različnih industrijskih procesih. Poleg tega je žveplov dioksid produkt izgoravanja žveplovih spojin.



Slika 1 Struktura žveplovega dioksida [11]

Pridobivamo ga na več načinov:

- Pri zgorevanju žvepla v zraku: $S + O_2 \rightarrow SO_2, \Delta H = -297 \text{ kJ/mol}$
- Zgorevanju vodikovega sulfida v zraku: $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2H_2O + 2SO_2$
- S praženjem sulfidnih rud (pirita, sfalerita in cinobra):
 $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$
 $2ZnS + 3O_2 \rightarrow 2ZnO + 2SO_2$
 $HgS + O_2 \rightarrow Hg + SO_2$
- V laboratoriju ga pa pridobivajo ž močnimi kisljinami in natrijevim hidrogen sulfatom

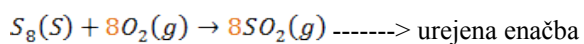
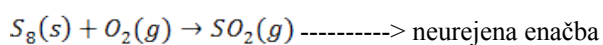
Največji vir emisije žvepovega dioksida so elektrarne in drugi industrijski obrati (pridobivanje kovin iz rude). Žveplov dioksid proizvajajo predvsem zaradi proizvodnje žvepove kisline.

Uporabljamo ga za razkuževanje, kot konzervans (za suhe marelice,fige in drugo suho sadje),belilno sredstvo, kot hladilno sredstvo v hladilnikih,...

Uporabljamo ga tudi kot reducent. Saj je zelo dober reducent. V procesu čiščenja komunalnih odpadnih voda se žveplov dioksid uporablja za razkuževanje klorirane odpadne vode pred izpustom.

Urna mejna koncentracija za varovanje zdravja ljudi je $350\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Zgorevanje žvepla v kisiku:



Produkt popolnega zgorevanja žvepla je SO_2 . [6]



Slika 2 Zgorevanje žvepla v kisiku

3. Posledice SO₂

Najhujša škoda nastane pri spreminjanju žveplovega dioksida (SO₂) v žveplovo kislino (H₂SO₄) v ozračju, ki se nato nalaga kot kisel dež, sneg ali v obliki posušenih kislih delcev.

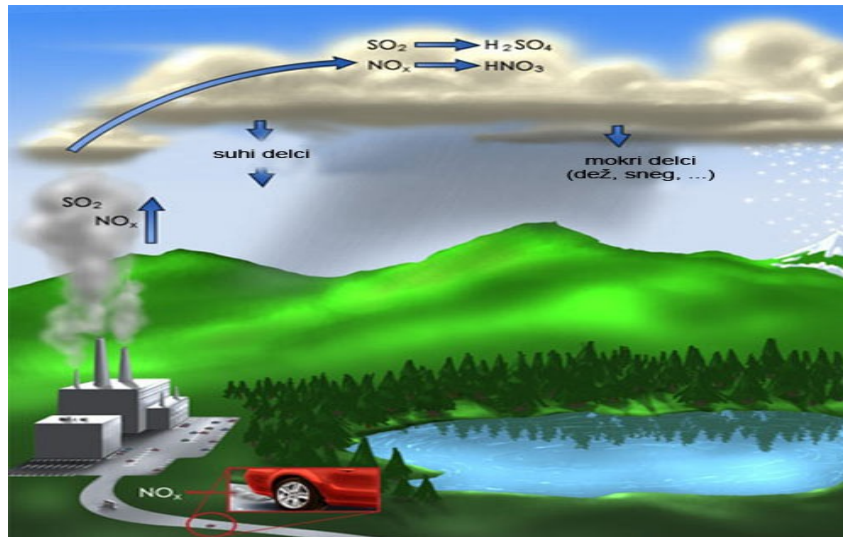
3.1 Kisel dež

Kisli dež so kisle padavine, ki jih povzročajo predvsem emisije žveplovega dioksida (SO₂) in dušikovih oksidov v atmosferi. Omenjeni plini se raztapljajo v deževnici in jo naredijo kislino. Žveplov dioksid nastaja največ pri gorenju fosilnih goriv, kot je premog, ki vsebuje veliko žvepla.

Formule :

- $S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$
- $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$
- $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

Poleg tega kisle usedline ne izvirajo le iz padavin (dež, megla), ampak tudi iz trdnih delcev (suhe usedline), katere lebdi v zraku. S kislim dežjem so povezane poškodbe in smrt gozdov ter živih bitij v jezeru ter drugod. S tem pa vpliva na ekosisteme in ga ruši. Zakisana voda izpira iz tal pomembna rastlinska hranila in aktivira težke kovine, kot sta kadmij in živo srebro, ki zastrupljata vodne vire. [9]



Slika 3 Shema nastanka kislega dežja [12]

3.2 Posledice za človeka in njegovo zdravje

Onesnaženost zunanjega zraka z žveplovim dioksidom (SO_2) vpliva tako na okolje kot zdravje ljudi. Kratkoročno izpostavljanje žveplovem dioksidu povzroči težave predvsem astmatikom in občutljivim ljudem predvsem v bližini industrije, ki je brez ustreznega čiščenja. Otroci v krajih s onesnaženim zrakom pogosteje zbole vajo za kašljem, bronhitisom in infekcijami globlje v dihalih, kot otroci ki živijo v manj onesnaženih krajih.

Poleg tega je tudi zanimivo, da telesna aktivnost v prisotnosti žveplovega dioksida ni priporočljiva, ker človek zaradi hitrejšega dihanja vdiha večje količine onesnaževalcev in ker človek med telesnim delom navadno diha skozi usta in vdihan zrak obide obnosne votline.

Emisije žveplovega dioksida so se v zadnjih letih močno zmanjšale in do izpostavljenosti ljudi visokim koncentracijam prihaja zelo redko.

Največje emisije SO_2 v Sloveniji predstavljajo termoelektrarne in sicer kar 70%. [7]

4. Odstranjevanje SO_2 iz okolja in ukrepi

4.1 Odstranjevanje SO_2 in ukrepi za zmanjšanje prizemnih koncentracij

Lokalna onesnaženost je zelo odvisna od višine izpustov ter od reliefa, ki omejuje horizontalno razredčevanje onesnaženosti in vpliva na spremembe vremenskih značilnosti. Največkrat tako, da se zmanjšujejo možnosti za razredčevanje onesnaženj, ki se v velikih koncentracijah spuščajjo v zrak. [5]

4.2 Odstranjevanje SO₂ in onesnaževanje iz nizkih virov

Najbolj škodljive emisije so emisije iz nizkih virov (izpustov), ker zaradi kratke poti dosežejo prizemne plasti atmosfere najmanj razredčene. Najneugodnejše so emisije iz nizkih avtomobilskih izpustov, ki jih pešci ob cesti vdihavajo še zelo malo razredčene. Emisije iz nizkih virov so manj ugodne tudi zaradi tega, ker so za razredčevanje onesnaženosti v nižjih zračnih plasteh velik del dneva najslabše vremenske razmere. Zaradi trenja so hitrosti vetra najmanjše, kar zmanjšuje predvsem horizontalne razredčevalne sposobnosti atmosfere. V nižjih zračnih plasteh so najpogostejše in najmočnejše temperaturne inverzije, ki imajo več neugodnih lastnosti. Omejujejo dvige dimnih plinov po izstopu iz dimnikov in preprečujejo vertikalno mešanje v inverzni plasti. Zato se emisije iz nizkih dimnikov ob neugodnem vremenu zadržujejo v tanki plasti, velike koncentracije onesnaženosti pa se pojavljajo že pri skromnih emisijah. Poučno je opazovati gibanje koncentracij ob izginjavi temperaturnih inverzij. Najprej se povečajo prizemne koncentracije, ker se del bolj onesnaženega zraka iz višjih plasti s sproščenim vertikalnim gibanjem usmeri proti tlom. Z nadaljnjim mešanjem se prizemne koncentracije hitro zmanjšajo, tudi za deset in še večkrat, kar vse kaže na veliko odvisnost prizemnih koncentracij od razporeditve temperature z višino. [5]

4.3 Odstranjevanje SO₂ in onesnaževanje iz visokih virov

Emisije, ki jih spuščamo iz višjih virov, se razredčujejo v večjih višinah, in ko dospejo do tal, so ob primerni višini dimnika razredčene do neškodljivih koncentracij. Pravilna višina dimnika je za zmanjšanje prizemnih koncentracij zelo dragocen ukrep. Zavedati se pa moramo, da višina dimnika prav nič ne zmanjšuje emisij. Le te se prej ali slej izločijo na zemlji in se akumulirajo z vse bolj zaznavnimi škodljivimi posledicami. Zato moramo predvsem zmanjševati emisije, zaradi lokalnih prednosti pa upoštevati tudi koristi primerno visokih izpustov. Opozoriti pa moramo na napačno, dokaj razširjeno mnenje, da visoki dimniki raznašajo onesnaženost na velike razdalje.

Pri določanju ustreznega preseka dimnika morate biti pozorni na delujočo višino dimnika (od priključka za peč navzgor), nazivno moč peči, volumen kurišča (kamini, kmečke peči ...), dolžino veznega elementa med kuriščem in dimnikom ter vrsto energenta. Pri uporabi trdnih goriv so običajno potrebni večji preseki dimnika kot za ogrevanje z oljem in plinom.

Formula za dimnik : $A=(2,6 \cdot Q)/(n \sqrt{H})$

A = presek dimne tuljave v m²

Q = toplotna moč kurilne naprave v kW

H = delujoča višina dimnika v m

n = koeficient goriva (n = 900-drva; n = 1600-premog; n = 1800-olje in plin)

Lokalno onesnaževanje iz visokih virov je zlasti omejeno, če škodljive snovi presegajo višino lokalnih temperaturnih inverzij. Temperature inverzije so namreč učinkovita zapora za vertikalno gibanje zraka v obeh smereh, zato onemogočajo, da bi se onesnaženost, ki se spušča nad inverzijsko plastjo, lahko gibala proti tlu. Ugodnost tega učinka zaznavamo v okolici vseh slovenskih termoelektrarn. Za okolico teh pa so nevarne višinske inverzije, ki jih povzročajo širši vremenotvorni procesi. Kadar nastanejo pod višino okoliških področij, povzročajo akumulacijo dimnih plinov, ki z velikimi koncentracijami SO₂ ogrožajo gozdove na višje ležečih okoliških pobočjih. Visoke inverzije pa so na srečo mnogo manj pogoste od nizkih, ki so lokalnega izvora, kar zmanjšuje nevarnosti za okoliške gozdove. [10]

4.4 Odstranjevanje SO₂ iz termoelektrarn

Termoelektrarne so povsod po državah eden izmed največjih proizvajalcev električne energije. Ker pa se uporabljajo določen material za kurjavo pa nastajajo problemi iz izpuščanjem plinov v ozračje. Ker pa se hočemo to rešiti imamo tudi rešitve.

Suhi postopek:

- Izboljšan aditivni postopek, je postopek pri katerem vpihujemo apno v samo kurišče kotla, nato vodimo prašno maso v poseben vodni reaktor in s tem povečamo stopnjo izločanja žveplovega dioksida (SO₂).

Mokri postopki:

- Waltherejev postopek, pri katerem z elektro filtri očiščene dimne pline peremo z amoniakalno raztopino. Tudi ta absorbent veže na sebe kisle sestavine dimnih plinov. Produkt procesa razžveplanja je amonijev sulfat, ki se uporablja pri izdelavi umetnih gnojil.

-Naslednji je Wellman-Lordov regenerativni postopek, kjer kot aditiv uporabljamo raztopino natrijevega sulfida. Iz nizko koncentriranega žveplovega dioksida (SO₂) v dimnih plinih dobimo visoko koncentriran plin, ki ga v nadaljnji fazi predelamo v ustrezen produkt. To je žveplo ali žvepleno kislino. Del aditiva oksidira v natrijev sulfat, ki je tudi uporaben kot surovina v kemični industriji. Posredni vplivi te tehnologije so podobni kot pri visoko zahtevni kemični industriji. [5]

5. Kako lahko vplivamo na onesnaženost zraka?

Razumljivo je, da z zmanjševanjem emisij najučinkoviteje izboljšujemo kakovost zraka. Pri zmanjševanju emisij pa so omejitve, tako tehnične kakor tudi finančne. Zato ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka kombiniramo z zmanjševanjem emisij in drugimi sekundarnimi razpoložljivimi ukrepi. Med te štejemo predvsem izbiro lokacij, višino izpustov ter daljinsko ogrevanje iz skupnih kotlovnice z višjimi dimniki, ki precej pripomorejo k lokalnemu zmanjševanju koncentracij v prizemni plasti zraka. [1]

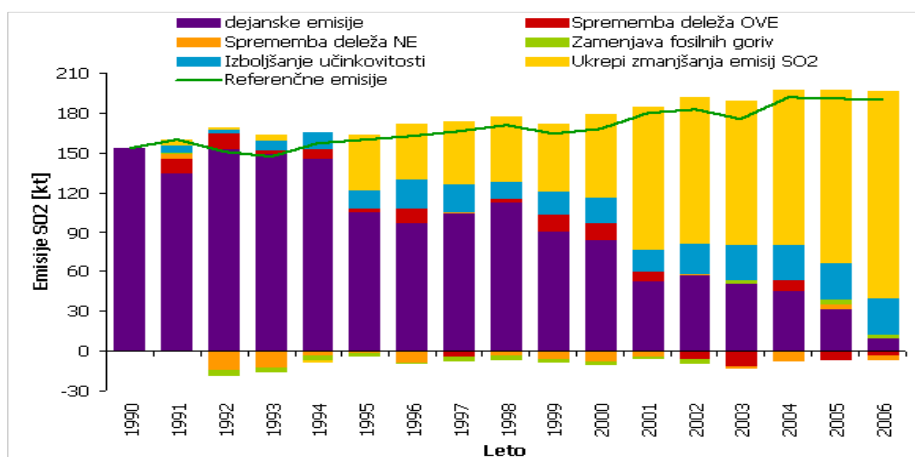
5.1 Zmanjševanje emisij

Ukrepi za zmanjševanje emisij so že dolgo znani in na drobno napisani v Zeleni knjigi. Poleg tega so tudi zapisane na ARSU. Majhen vir res ni velik onesnaževalec, takih virov pa je veliko in skupno povzročajo tako velike emisije škodljivih snovi, da brez sanacije malih virov zagotovo ne bomo imeli dovolj čistega zraka.

Največji delež emisij, ki onesnažujejo zrak (v povprečju 90%), je zaradi rabe fosilnih goriv (premoga, tekočih goriv, plina) in lesa. Če hočemo zagotoviti čistejši zrak v naseljih, v katerih je ogroženih največ prebivalcev Slovenije, se moramo najprej odločiti za najučinkovitejši in najcenejši ukrep- za uporabo čistejših goriv. Na drugo mesto postavljamo primerno

vzdrževanje in premišljeno uporabo naprav na fosilna goriva (peči, gonilniki v majhnih in velikih kotlovnica, avtomobili, razni procesi v industriji), ki onesnažujejo zrak. Na tretje mesto postavljamo uporabo čistilnih naprav.

Drugačen prednostni red ukrepov pa sledi, če si zastavimo za nalogo zaščititi gozdove in zmanjšati daljinski transport. V tem primeru moramo z uporabo čistilnih naprav zmanjšati predvsem emisijo največjih onesnaževalcev. Zmanjšati moramo ogroženost večine prebivalstva, ohraniti kar najbolj zdrave gozdove in zmanjševati daljinski transport. [3], [8]



Slika 4 Emisije žveplovega dioksida v Sloveniji (1990-2006) [13]

5.2 Sprejeti ukrepi

5.2.1 Termoelektrarne - toplarne in daljinsko ogrevanje

Glavnina znižanja emisij SO₂ bo zaradi malo manj kot 78 % deleža v skupnih emisijah v sektorju termoelektrarne - toplarne in daljinsko ogrevanje. Osnovni programski dokument za zmanjšanje emisij v tem sektorju je Operativni program zmanjševanja emisij snovi v zrak iz velikih kurilnih . [4]

5.2.2 Industrijske kotlovnice in tehnološki procesi

Na zmanjšanje emisij SO₂ v industriji bo v največji meri vplivalo izvajanje direktive IPPC. Po tej direktivi se morajo podjetja do leta 2007 prilagoditi zahtevam v dokumentih BREF, kjer so predstavljene najboljše trenutno razpoložljive tehnike (BAT – »best available techniques«) in navedene ravni emisij, ki jih je s temi tehnikami možno doseči. Te ravni emisij bodo dosežene z zamenjavo goriv, razžveplanjem dimnih plinov ter reorganizacijo proizvodnje (prenehanje delovanja elektrolize B v Talumu in opustitev proizvodnje celuloze v podjetju za proizvodnjo papirja in celuloze Vipap). Leta 2010 bodo emisije zaradi zgoraj navedenih ukrepov nižje za 3,4 kt. Manjši vir znižanja emisij je tudi zmanjšanje z zakonom predpisane vsebnosti žvepla v kurilnem olju za polovico do 2008 po Pravilniku o fizikalno–kemijskih lastnostih goriv (na 0,1 % m/m). To bo k zmanjšanju prispevalo 100 t. [4]

5.2.3 Cestni in drugi promet

Pravilnik bo vplival tudi na zmanjšanje emisij v cestnem in drugem prometu, saj bo lahko po letu 2004 vsebnost žvepla v bencinu in dizelskem gorivu največ 50 mg/kg, po 1. 1. 2009 pa največ 10 mg/kg. Zmanjšanje emisij znaša 0,5 kt. [4]

5.2.4 Ukrepi, ki posredno vplivajo na emisije SO₂

Poleg ukrepov, ki neposredno vplivajo na zmanjšanje emisij SO₂, je smiselno izpostaviti tudi vpliv ukrepov, ki so bili sprejeti z drugačnim namenom, in sicer zaradi zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (TGP). Na emisije SO₂ bo zlasti vplivala skupina ukrepov, katerih cilj je povečanje učinkovite rabe energije (URE) in povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE). Ti ukrepi bodo na emisije SO₂ vplivali z nižjo porabo trdnih in tekočih fosilnih goriv. [4]

6. Mednarodne obveznosti glede zmanjševanja

Na splošno velja, da se emisija SO₂ v Evropi zmanjšuje. To je posledica določil Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje prek meja v Evropi (Ženeva, 1979). Poseben protokol h konvenciji (Helsinki, 1985) predpisuje zmanjšanje emisije SO₂ za vsaj 30% v dveh desetletjih. Kot primer lahko podam, da so že leta 1991 emisije SO₂ v Sloveniji kar občutno zmanjšale in sicer za dobrih 23%. To je na eni strani posledica načrtnih ukrepov, kakor je na primer uvajanje zemeljskega plina namesto ekološko neustreznega premoga in mazuta; na drugi strani je zmanjševanje emisije posledica manjše proizvodnje zaradi gospodarskih težav. Z načrtovalnim učinkom čiščenja dimnih plinov v termoelektrarnah bi se emisija SO₂ močno zmanjšala. [2]

7. Zaključek

Onesnaženost zraka v Sloveniji je še vedno tako velika, da povzroča precejšnjo škodo. Največji onesnaževalci zraka so termoelektrarne. Med njimi je največja TE Šoštanj, ki daje skoraj polovico vse emisije SO₂ v Sloveniji. Termoelektrarne morajo imeti učinkovite čistilne naprave. Kratkoročno pa lahko zelo dobre rezultate zamenjava neustreznih domačih premogov s kakovostnejšimi premogi iz uvoza, ki imajo majhen delež žvepla. Onesnaženost zraka z SO₂ in dimom se v slovenskih mestih v glavnem zmanjšuje, vendar pa je treba emisijo še precej zmanjšati, da bi dosegli tako raven onesnaženosti, ki ne škoduje zdravju tudi pri dolgotrajni izpostavljenosti. Pomemben sanacijski ukrep za varstvo zraka v mestih je nadaljnja širitev daljinskega ogrevanja in omrežja zemeljskega plina. Industrija, ki čezmerno onesnažuje zrak, bo morala svoje emisije uskladiti s predpisanimi. Zelo pomembni so tudi ukrepi v zvezi z zmanjševanjem onesnaževanja zraka zaradi prometa z motornimi vozili.

8. Viri in literatura

- [1] Hrček D. in sodelavci. Poročilo o onesnaženosti zraka v Sloveniji. Hidrometeorološki zavod R Slovenije ,(1991).
- [2] Zelena knjiga o ogroženosti okolja v Sloveniji, Ljubljana: Prirodoslovno društvo Slovenije, 1972.
- [3] B. Paradiž. Nedopustitve emisije menjaju klimu- katastrofa se mora sprečiti. Sarajevo: Zaštita atmosfere, 1989.
- [4] Scientific assessment of climate change I, WMO-UNEP, 1990.
- [5] Changing our life style, Acid News No 2, 1989.
- [6] Enciklopedija [svetovni splet]. Dostopno na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_dioxide/ [11.12.2013].
- [7] Planinšek Anton, Šegula Andrej, Turk Darko. Predhodna ocena onesnaženosti zraka z SO₂, NO₂, delci, svincem, CO in benzenom v Sloveniji: Poročilo projekta [svetovni splet]. Ljubljana, marec 2003. Dostopna na WWW: <http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/GIS/zrak/odzivi/177.pdf/> [11.12.2013]
- [8] Arso [svetovni splet]. Dostopna na WWW: <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/zrak.pdf>
- [9] Okolje info [svetovni splet]. Dostopna na WWW: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/zveplov-dioksid/> [11.12.2013]
- [10] Slovenski dimnik [svetovni splet]. Dostopno na WWW: <http://www.kip-dimniki.com/files/file2-1.pdf> / [11.12.2013]
- [11] Slika 1 Struktura žveplovega dioksida. Dostopna na WWW: https://www.google.si/search?q=sulfur+dioxide&espv=210&es_sm=93&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=AGfZUu2h18iBhAflkYCQDg&sqi=2&ved=0CAcO_AUoAQ&biw=1366&bih=630#facrc=_&imgdii=_&imgrc=GMVOJTCYemwdFM%253A%3Bn-cN2tO_mbDZMM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.windows2universe.org%252Fphysical_science%252Fchemistry%252Fso2_molecule_big.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.windows2universe.org%252Fphysical_science%252Fchemistry%252Fsulfur_oxides.html%2526edu%253Dhigh%3B720%3B400

- [12] Slika 3 Shema nastanka kislega dežja. Dostopno na WWW:
https://www.google.si/search?q=zgorevanje+%C5%BEvlovega+dioksida+v+zraku&espv=210&es_sm=93&source=lnms&tbn=sch&sa=X&ei=3mrZUrO-KIyVhQelq4D4Dg&ved=0CAkQ_AUoAQ&biw=1366&bih=667#q=kisel+de%C5%BE&tbn=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=_N-AgSyXyimb4M%253A%3B0HFhXc8ssmjNaM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bodiekko.si%252Ffoto%252F2010%252F04%252Fkisli-dez.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bodiekko.si%252Fkisli-dez%3B500%3B634
- [13] Slika 4 Emisije žveplovega dioksida v Sloveniji (1990-2006). Dostopno na WWW:
https://www.google.si/search?q=zgorevanje+%C5%BEvlovega+dioksida+v+zraku&espv=210&es_sm=93&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=3mrZUrO-KIyVhQelq4D4Dg&ved=0CAkQ_AUoAQ&biw=1366&bih=667#q=%C5%BEvlov+dioksid+emisije&tbn=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=rWWv46GItMo3M%253A%3BBCov_MvsZ-yG1M%3Bhttp%253A%252F%252Fkazalci.arso.gov.si%252Fget_graph%252F%25253Fgraph_id%25253D5204%252526lang_id%25253D302%3Bhttp%253A%252F%252Fkazalci.arso.gov.si%252F%253Fdata%253Dindicator%2526ind_id%253D107%3B594%3B385



Fakulteta za strojništvo

PRENOS ZVOKA, KI GA GENERIRAJO AVTOMOBILI NA AVTOCESTI IN UČINKOVITOST PROTIHRUPNIH OGRAJ

Ime in priimek: *Karmen Potočnik*

Vpisna številka: *S1018006*

Program in stopnja študija: *Tehniško varstvo okolja, 1. stopnja*

Smer in letnik študija: *Tehniško varstvo okolja, 2. letnik*

Študijsko leto: *2013/2014*

Mentor: *doc. dr. Jure Ravnik*

Maribor, december 2013

Kazalo vsebine

1	Uvod	- 1 -
2	Pravne podlage varstva pred hrupom.....	- 2 -
2.1	Stopnje varstva pred hrupom.....	- 2 -
2.2	Mejne in kritične vrednosti kazalcev hrupa	- 4 -
3	Zvok	- 6 -
4	Hrup.....	- 9 -
4.1	Širjenje hrupa v okolju	- 9 -
4.1.1	Točkovni vir	- 9 -
4.1.2	Linijski vir	- 10 -
4.2	Računski model za hrup.....	- 10 -
4.2.1	Algoritmi	- 11 -
4.3	Ukrepi za preprečevanje in zmanjšanje hrupa	- 12 -
5	Protihrupne ograje	- 13 -
5.1	Učinkovitost protihrupnih ograj	- 13 -
5.2	Tipi protihrupnih zaščit.....	- 16 -
5.2.1	Nasipi.....	- 16 -
5.2.2	Ograje	- 16 -
5.2.3	Pokriti vkopi.....	- 16 -
5.2.4	Zasaditve	- 16 -
5.2.5	Drugi ukrepi aktivne zaščite pred hrupom	- 16 -
6	Zaključek.....	- 17 -
7	Viri	- 18 -

Kazalo tabel

Tabela 1: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja varstva pred hrupom.....	- 4 -
Tabela 2: Kritične vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja varstva pred hrupom.....	- 4 -
Tabela 3: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ in L_{dvn} , ki ga povzroča uporaba ceste ali železniške proge in obratovanje večjega letališča.....	- 5 -

Kazalo slik

Slika 1: Človeško uho ima zelo velik razpon zaznavanja spremembe zvočnega tlaka – v pascalih je to razmerje milijon proti ena, zato enota dB omogoča obvladljivost velikih števil.	- 7 -
Slika 2: Izračun hrupa	- 11 -
Slika 3: Odbojna površina pregrade Slika 4: Porozna površina pregrade.....	- 14 -
Slika 5: Višina pregrade	- 14 -
Slika 6: Širina pregrade.....	- 15 -
Slika 7: Vpliv topografskih značilnosti	- 15 -

Kazalo grafov

Graf 1: Utežena krivulja.....	- 8 -
Graf 2: Učinkovitost pri različnih frekvencah	- 13 -

1 Uvod

Hrup je bil že od nekdaj pomemben okoljski problem za človeka. Že v starem Rimu so obstajala pravila glede hrupa, ki so ga oddajala železna kolesa kočij, saj so le ta motila spanje Rimljanov. V srednjeveški Evropi vožnja s kočijo in jezdenje konjev v nekaterih mestih nista bila dovoljena med nočnim časom, da bi tako zagotovili miren spanec prebivalcem mesta.

Vsekakor pa problemi s hrupom v preteklosti nikakor niso primerljivi s problemi v današnjem času. Ogromno število avtomobilov vsakodnevno prečka naša mesta in podeželje. Težko obremenjeni tovornjaki z dizelskimi motorji, ki povzročajo hrup, so v mestih in na avtocestah tako podnevi kot ponoči. Tudi letala in vlaki dodajo k vsakodnevnomu hrupu iz okolice. V industriji stroji in naprave oddajajo visoke ravni hrupa, zabavišni centri ter druge dejavnosti nam s hrupom, ki ga povzročajo, prav tako motijo mirno preživljanje našega časa za sprostitev.

V primerjavi z ostalimi onesnaževali je nadzor okoljskega hrupa oviralo predvsem nezadostno poznavanje njegovih učinkov na ljudi, kot tudi pomanjkanje definiranih meril glede količine hrupa v okolju. Medtem ko je bilo predlagano, da je obremenitev s hrupom predvsem problem razvitih držav, ne moremo prezreti, da je izpostavljenost pogosto višja predvsem v državah v razvoju, zaradi slabega načrtovanja in gradnje tako stavb kot cest.

Učinki hrupa so zelo razširjeni, zato tudi obstajajo dolgoročne posledice izpostavljenosti hrupa na zdravje ljudi. V tem pogledu so bistveni praktični ukrepi za omejitev in nadzor izpostavljenosti hrupa v okolju. Takšni ukrepi morajo temeljiti na ustrezni znanstveni oceni razpoložljivih podatkov o učinkih in količini hrupa. Osnova za to je postopek ocene tveganja in obvladovanja tveganja.

Razširjenost problema hrupa je velika. V državah Evropske unije je približno 40% prebivalstva izpostavljeno hrupu cestnega prometa z enakovredno ravno zvočnega tlaka, ki presega 55 dB podnevi, 20% prebivalstva pa je izpostavljeno ravni, ki presega 65 dB. Ob vsej tej izpostavljenosti hrupa iz prometa, se ocenjuje, da približno polovica državljanov Evropske unije živi na območjih, ki ne zagotavljajo akustičnega udobja za stanovalce. Več kot 30% prebivalcev je ponoči izpostavljeno enakovredni ravni zvočnega tlaka, ki presega 55 dB in je moteče za spanje. Problem onesnaževanja s hrupom, je zaznan tudi v državah v razvoju in je predvsem posledica prometa. Podatki, zajeti ob velikih prometnicah so pokazali, da je tam enaka raven zvočnega tlaka 24 ur na dan od 75 do 80 dB.

Avtomobilska industrija je namenila ogromna sredstva za razvoj tišjih vozil in pri tem dosegla zavidljive rezultate, saj so nova vozila v povprečju za do 10dB tišja kot starejša. Na žalost pa se je izkazalo tudi, da na celotno zmanjšanje obremenitve zaradi hrupa prometa to nima omembe vrednega učinka, saj se je istočasno s pozitivnimi učinki tišjih vozil povečevala količina vozil na cestah in s tem izničila napredek. Raven hrupa se je celo malenkostno povečala in izdelava tišjih vozil je samo eden od pomembnih korakov za zmanjšanje obremenitve s hrupom, ki pa problema ne odpravlja.

2 Pravne podlage varstva pred hrupom

Programi za zmanjšanje obremenitve s hrupom se med posameznimi državami močno razlikujejo. Zakonski predpisi, tehnike in metode, pa tudi politični cilji so različni. Ne glede na omenjene razlike obstajajo skupni cilji, ki jim pri svojem delu sledijo vsi, ki se pri svojem delu srečujejo s problematiko hrupa.

Cilji so povezani z:

- načrtovanjem in razvojem novih stanovanjskih območij, industrijskih kompleksov, avtocest, letališč ipd. in
- reševanjem pritožb prebivalcev med samim postopkom načrtovanja, kot tudi s kasnejšim ocenjevanjem sprejemljivosti izvorov hrupa v določenem okolju (industrijski obrati, zabavišča, letališča, trase avtocest in železnic itd.) v skladu z normativi in nacionalno zakonodajo.

Strokovnjaki, ki se ukvarjajo z načrtovanjem posegov v okolje, so v okviru svojih nalog dolžni izdelati oceno vplivov na okolje, ki obsega predvsem naslednje aktivnosti:

- Izvedbo meritev na terenu;
- Oceno hrupa specifičnega izvora (vir hrupa);
- Izračun pričakovane ravni hrupa;
- Izdelavo simulacije obremenitve okolja zaradi posega v prostor (karta hrupa);
- Informiranje prizadetih prebivalcev in širše skupnosti;
- Izdelavo baze podatkov za sprotno in kasnejšo rabo;
- Sodelovanje pri strokovnih razpravah o možnih rešitvah.

Omenjene naloge so glede na razširjenost in pomen onesnaženja s hrupom lahko zelo zahtevne, zato je pomembno natančno poznavanje problematike, ne samo z vidika stroke, ampak tudi s strani prebivalcev in tistih, ki sprejemajo odločitve glede okoljskega hrupa.

2.1 Stopnje varstva pred hrupom

Naše naravno in življenjsko okolje je po določilih zakonodaje glede na stopnjo varstva pred hrupom razdeljeno v 4 skupine, ki so določene glede na občutljivost posameznega območja naravnega in življenjskega okolja za hrup. Na podlagi te klasifikacije izhaja določitev, kolikšna je dovoljena raven hrupa na posameznem območju, kakšna je dejanska celotna obremenitev območja s hrupom oziroma kdaj vir hrupa povzroča čezmerno obremenitev okolja s hrupom.

I. stopnja varstva pred hrupom za vse površine na mirnem območju na prostem, ki potrebujejo povečano varstvo pred hrupom, razen površin na naslednjih območjih:

- na območju prometne infrastrukture,
- na območju gozdov na površinah za izvajanje gozdarskih dejavnosti,
- na območju za potrebe obrambe in
- na območju za potrebe varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami;

II. stopnja varstva pred hrupom za naslednje površine podrobnejše namenske rabe prostora, na katerem ni dopusten noben poseg v okolje, ki je moteč zaradi povzročanja hrupa:

- na območju družbene infrastrukture površine za zdravstvo v neposredni okolici bolnišnic, zdravilišč in okrevališč,
- na območju stanovanj čiste stanovanjske površine, stanovanjske površine za posebne namene in površine počitniških hiš,
- na posebnem območju, ki je namenjeno površini za turizem;

III. stopnja varstva pred hrupom za naslednje površine podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa:

- na območju stanovanj: splošne stanovanjske površine in stanovanjske površine s kmetijskimi gospodarstvi,
- na območju družbene infrastrukture: površine za vzgojo, izobraževanje, šport, zdravstvo, kulturo, javno upravo in opravljanje verskih obredov,
- na območju zelenih površin: površine za rekreacijo in šport, parki in pokopališča,
- na mešanem območju vse osrednje in mešane površine in
- na območju vodnih zemljišč vse površine razen površin vodne infrastrukture in površin na mirnem območju na prostem;

IV. stopnja varstva pred hrupom za stavbe z varovanimi prostori na naslednjih površinah podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih je dopusten poseg v okolje, ki je lahko bolj moteč zaradi povzročanja hrupa:

- na posebnem območju površine drugih območij, ki so namenjene za nakupovalna središča, sejmišča in zabaviščne objekte (npr. avtodrom, vrtiljak ali športno strelišče), in površine drugih podobnih območij,
- na območju proizvodnih dejavnosti: površine za industrijo, površine z objekti za kmetijsko proizvodnjo in površine za proizvodnjo,
- na območju prometne infrastrukture vse površine,
- na območju komunikacijske infrastrukture vse površine,
- na območju energetske infrastrukture vse površine,
- na območju okoljske infrastrukture vse površine,
- na območju vodnih zemljišč vse površine vodne infrastrukture,
- na območju mineralnih surovin vse površine, namenjene izkoriščanju mineralnih surovin,
- na območju kmetijskih zemljišč vse površine, razen na mirnem območju na prostem,
- na območju gozdov: vse površine za izvajanje dejavnosti z gozdarskega področja in vse površine gozda kot zemljišča, razen na mirnem območju na prostem,
- na območju za potrebe obrambe: vse površine, če hrup ne nastaja zaradi izvajanja nalog pri obrambi države oziroma pri opravljanju nalog varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, in
- na območju za potrebe varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami: vse površine, če ne nastaja zaradi izvajanja nalog pri obrambi države oziroma pri opravljanju nalog varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami (Ur. l. RS, št. 105/2005).

2.2 Mejne in kritične vrednosti kazalcev hrupa

Predpis s področja varstva okolja pred hrupom določa mejne vrednosti ravni hrupa v naravnem in življenjskem okolju kot tudi mejne vrednosti ravni hrupa zaradi posameznega vira hrupa, način določanja in vrednotenja ravni hrupa ter ukrepe za zmanjšanje in preprečevanje čezmerne hrupa. Viri hrupa so vse naprave ali objekti, katerih obratovanje oziroma uporaba povzroča v okolju stalen ali občasen hrup. Vse potencialne vire hrupa na danem območju je treba evidentirati in opredeliti njihov prispevek glede hrupa tako v dnevnem kot v nočnem času.

Uredba, ki ureja ocenjevanje in urejanje hrupa v okolju, določa kazalce hrupa L_{dan} (kazalec dnevnega hrupa), $L_{večer}$ (kazalec večernega hrupa) in $L_{noč}$ (kazalec nočnega hrupa) in kombinirani kazalec L_{dvn} (kazalec hrupa v dnevnem, večernem in nočnem času). V skladu z uredbo, ki ureja ocenjevanje in urejanje hrupa v okolju, je treba kazalca hrupa L_{dvn} in $L_{noč}$ uporabiti za izračun strateških kart hrupa.

L_{dvn} se določi iz L_{dan} , $L_{večer}$ in $L_{noč}$ po naslednjem obrazcu:

$$L_{dvn} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{24} \cdot \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{dan}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{večer}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{noč}+10}{10}} \right) \right)$$

L_{dan} , $L_{večer}$ in $L_{noč}$ so določeni kot dolgoročne (trajne) ravni hrupa v skladu z SIST ISO 1996-2:1987, in sicer za vsa dnevna, večerna in nočna obdobja vseh koledarskih dni posameznega leta (Ur. l. RS, št. 105/2005, priloga1, 3).

Tabela 1: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja varstva pred hrupom

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	65	75
III. območje	50	60
II. območje	45	55
I. območje	40	50

Tabela 2: Kritične vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dvn} za posamezna območja varstva pred hrupom

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	80	80
III. območje	59	69
II. območje	53	63
I. območje	47	57

Tabela 3: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ in L_{dvn} , ki ga povzroča uporaba ceste ali železniške proge in obratovanje večjega letališča

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} (dBA)	$L_{večer}$ (dBA)	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
IV. območje	70	65	60	70
III. območje	65	60	55	65
II. območje	60	55	50	60
I. območje	55	50	45	55

3 Zvok

Zvok je mehanično valovanje, ki se giblje skozi medij (trdnina, kapljevina ali plin). V kapljevinah in plinih je zvok vedno longitudinalno (vzdolžno) valovanje, v trdninah je pa možno tudi transverzalno (prečno) valovanje. Zvok opišemo z dvema količinama, frekvenco (ν) in amplitudo tlaka. Prva nam poda višino zvoka (ton), medtem ko slednja poda glasnost. Valovno dolžino (λ) valovanja lahko izrazimo z frekvenco in hitrostjo zvoka v mediju (c) preko enačbe:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Glasnost zvoka je definirana preko tlačne razlike pri zvočnem valovanju. Glasnost je definirana v logaritemski skali kot:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p_1^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p_1}{p_0}$$

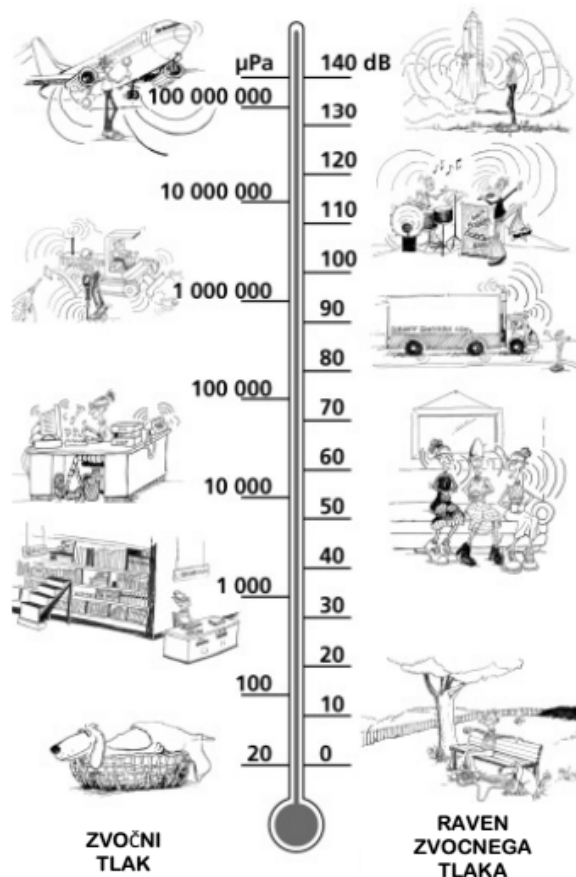
p_0 je naš referenčni tlak (2×10^{-5} Pa), p_1 pa merjeni tlak. Glasnost se lahko izrazi z močjo zvoka kot:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$$

kjer sta P_1 merjena moč in P_0 referenčna moč (10^{-12} W).

Neposredna uporaba linearnega merila (v Pa) nas pri merjenju zvočnega tlaka pripelje do velikih in nepreglednih števil. Človeško uho se na spremembe zvočnega tlaka odziva logaritemsko in ne linearno. Iz tega razloga je vrednosti ravni zvoka primerneje izraziti kot logaritemsko razmerje med izmerjeno in referenčno vrednostjo. Tako izraženo logaritemsko razmerje imenujemo decibel (dB). Prednost uporabe dB je jasno vidna v ilustraciji na naslednji strani. Na sliki je na levi strani barometriškega stolpca prikazana linearna skala (μPa), na desni pa logaritemska (dB). Logaritemska skala ima najnižjo vrednost 0 dB, ki je enaka pragu slišnosti ($20 \mu\text{Pa}$) in sega do vrednosti 130 dB za prag bolečine (~ 100 Pa).

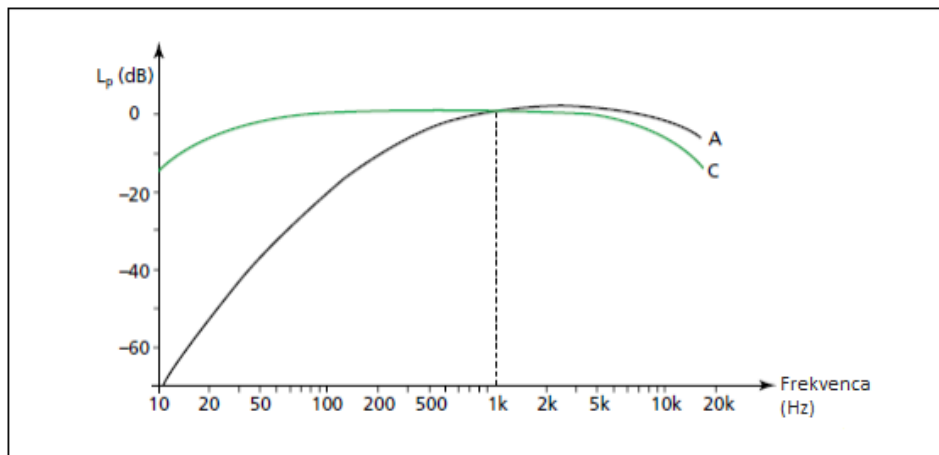
Zvok smo definirali kot spremembo zvočnega tlaka, ki ga lahko zazna človeško uho. Število sprememb pritiska na sekundo imenujemo frekvenca in jo merimo v Hertzih (Hz). Normalen sluh zdrave mlade osebe pokriva območje od 20 Hz do 20.000 Hz (20 kHz).



Slika 1: Človeško uho ima zelo velik razpon zaznavanja spremembe zvočnega tlaka – v pascalih je to razmerje milijon proti ena, zato enota dB omogoča obvladljivost velikih števil.

Vir 1: Okoljski hrup [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://ims.si/documents/literatura/okoljski_hrup.pdf

Človeški sluh je pri zelo visokih in zelo nizkih frekvencah manj občutljiv, zato je zaznavanje jakosti zvoka močno frekvenčno odvisno. Za pravilno vrednotenje zvoka morajo merilni instrumenti zvok zaznavati z enako ali vsaj čim bolj podobno občutljivostjo, kot človeško uho. V ta namen so bile uvedene utežene krivulje, ki posnemajo občutljivosti človeškega ušesa v odvisnosti od frekvence in jakosti. V praksi se največkrat srečujemo z A-uteženo krivuljo, označeno z dB (A), ki opisuje občutljivost človeškega ušesa pri nižjih jakostih zvoka (med 20 dB in 90 dB). V območju nad 100 dB uporabljamo C-uteženo krivuljo, saj je za visoke ravni zvoka človeško uho frekvenčno manj odvisno (Okoljski hrup [online], 2013).



Graf 1: Utežena krivulja

Vir 2: Okoljski hrup [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://ims.si/documents/literatura/okoljski_hrup.pdf

4 Hrup

Hrup v okolju je vsak nezaželen ali škodljiv zunanji zvok, ki ga povzročajo človekove aktivnosti. To vključuje hrup, ki ga oddajajo prevozna sredstva v cestnem, železniškem in letalskem prometu ter naprave na območjih z industrijsko dejavnostjo, kot so na primer naprave, za katere je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje v skladu s predpisi, ki urejajo emisije naprav, ki lahko povzročajo onesnaženje večjega obsega.

Doživljanje hrupa je subjektivne narave in ljudje se nanj različno odzivamo. Hrup, ki nekaterim povzroča motnjo, lahko drugi komaj zaznamo ali občutimo. Na ljudi pa lahko vpliva že zgolj zaradi tega, da povzroči v nas vznemirjenost samo zato, ker je »slišen«. A ne glede na subjektivno doživljanje hrupa je tedaj, ko ravni hrupa naraščajo, motena naša komunikacija, lahko je moten naš spanec in v ekstremnih razmerah resnično vpliva na fizično ugodje ljudi.

4.1 Širjenje hrupa v okolju

Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na širjenje hrupa so:

- vrsta vira (točkovni ali linijski),
- oddaljenost od vira,
- dušenje zvoka v zraku,
- veter,
- temperatura in temperaturni gradient,
- ovire kot so npr. ograje in zgradbe,
- dušenje hrupa na površini tal,
- odboji,
- vlaga in
- padavine.

Omenjene dejavnike je potrebno upoštevati z namenom, da bi bili izračuni in rezultati meritev čim bolj reprezentativni. Na kakšen način in v kolikšni meri bomo posamezen dejavnik upoštevali, pa je odvisno od standardov, ki jih pri vrednotenju hrupa uporabljamo, ter od veljavnih predpisov.

4.1.1 Točkovni vir

Vir obravnavamo kot točkovni, ko so dimenzije vira v primerjavi z razdaljo do poslušalca majhne. Takšen vir je lahko npr. tovarniški dimnik ali ventilator. Pri točkovnem viru se zvočna energija širi v vse smeri enakomerno, tako je tudi raven zvočnega tlaka v vseh smereh na isti oddaljenosti enaka.

4.1.2 Linijski vir

O linijskem viru govorimo, ko je širina vira v primerjavi z njegovo dolžino majhna, prav tako je majhna tudi v primerjavi z razdaljo do poslušalca. Takšen vir je lahko en sam vir, npr. dolga cev, po kateri se pretaka tekočina, ali pa vir sestavljen iz velikega števila posameznih točkovnih virov, ki hrup oddajajo istočasno, npr. kolona avtomobilov, ki čakajo na zeleno luč semaforja.

Ko se zvok od vira širi v prostor, je nivo zvoka na vseh točkah, ki so enako oddaljene od linije, enak. Ob podvojitvi razdalje bi se raven zvočnega tlaka zmanjšala za 3 dB, vendar ta trditev drži le v primeru, da dušenje zvoka na tleh in v zraku zanemarimo. Za zvočni vir z zvočno močjo na meter [L_w/m], ki je postavljen v bližino tal, je raven zvočnega tlaka (L_p) pri katerikoli razdalji r [m], mogoče izračunati po naslednji enačbi (Okoljski hrup [online], 2013):

$$L_p = L_w - 10 \log_{10}(r) - 5 \text{ dB}$$

4.2 Računski model za hrup

Poleg merjenja obstajajo še druge metode za določanje ravni zvoka na izbrani točki v prostor. Ena takšnih metod je matematični model, ki izračuna imisijsko raven zvoka, z upoštevanjem značilnosti poti med virom in merilnim mestom.

Računska metoda je posebej primerna v primerih:

- Kjer so ravni, ki naj bi bile izmerjene, motene s hrupom ozadja. Npr. kadar določamo hrup tovarn v bližini zelo prometnih cest;
- Kjer je potrebno napraviti scenarij hrupa za čas v prihodnosti;
- Kjer je potrebno primerjati alternativne posege in ukrepe za zmanjšanje hrupa;
- Kjer je potrebno izdelati zemljevide z ločnicami;
- Kjer je dostop do merilnega mesta omejen.

Za izračun se navadno uporabljajo preverjeni algoritmi, ki so opisani v standardih in jih države prevzamejo in vključijo v svojo zakonodajo.

Algoritmi so pogosto povezani z vrsto vira in jih zato ni mogoče uporabiti na poljubnem viru. Izjema je mednarodno priznan in uveljavljen standard ISO 9613, ki imisijsko raven računa na osnovi poznavanja zvočnih moči obravnavanih virov. Ker je zvočna moč neodvisna od vrste vira je uporaben v večini primerov. Izjema so viri s poudarjeno impulzivnostjo ali takšni, ki se premikajo z veliko hitrostjo.

Algoritmi temeljijo na dvodelnem modelu, kjer vir obravnavamo ločeno od širjenja (širjenje zvoka med referenčno točko in imisijsko točko) zato lahko izračunamo raven hrupa na imisijskem mestu.

Za izračun se navadno uporabljajo algoritmi, ki so preverjeni z mnogimi meritvami in praktičnimi primeri ter zagotavljajo natančnost znotraj meja negotovosti +/- 3 dB, primerjalno z meritvami.

Večina standardiziranih algoritmov v uporabi je empiričnih in se naslanjajo na enostavne fizikalne zakone, čeprav je na voljo tudi več izpopolnjenih metod. Mnogi izmed njih so uporabni za hitro oceno brez zahtevnih preračunavanj, če pa obdelujemo veliko virov, ter veliko število točk na katerih se opravljajo izračuni, so za izračun potrebni računalniki, saj ti omogočajo hitrejše računanje, analizo, predstavitev in poročilo.

Za izračun se uporabljajo digitalni modeli okolja z znanimi viri hrupa, topografijo, ovirami in možnostjo upoštevanja lastnosti širjenja hrupa v zraku med točko nastanka in imisijsko točko. Za imisijsko točko se šteje tista točka v prostoru, ki nas zanima oz. na kateri bomo z meritvijo preverjali točnost izračuna. Računalniški model hrupa lahko računa samo eno točko, lahko pa mrežo med seboj povezanih točk (Okoljski hrup [online], 2013).

4.2.1 Algoritmi

Algoritmi so relativno enostavni za razumevanje. Raven zvočnega tlaka na točki, ki ga povzroči vir določene moči, se določi po sledeči enačbi (Okoljski hrup [online], 2013):

$$L_p = L_w + D_c + C_b - A_{\text{širjenje}}$$

Kjer je:

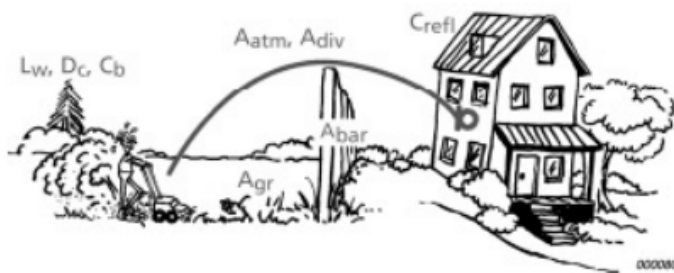
L_p = ekvivalentna raven hrupa pri sprejemniku v dB (imisijsko mesto)

L_w = raven zvočne moči vira v dB (ref = 1 pW)

D_c = popravek za usmerjenost v dB, če se zvok ne širi v vse smeri enakomerno

C_b = korekcija za čas aktivnosti vira v dB. Primer: dolgoročna raven se zniža za 3 dB, če je vir dejaven 12 ur na dan.

$A_{\text{širjenje}}$ = korekcija zaradi dušenja v zraku, v dB



Slika 2: Izračun hrupa

Vir 3: Okoljski hrup [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://ims.si/documents/literatura/okoljski_hrup.pdf

Izraz dušenje se lahko razdeli v več popolnoma fizikalnih vplivov, kot je prikazano spodaj:

$$A_{\text{širjenje}} = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} + C_{\text{refl}}$$

Kjer je:

A_{div} = dušenje kot rezultat geometričnega širjenja

A_{atm} = dušenje kot rezultat absorpcije v zraku

A_{gr} = dušenje pripisano absorpciji in odboju od tal

A_{bar} = dušenje zaradi loma na oviri

A_{misc} = dušenje zaradi različnih učinkov (vremena, sipanja pri prehajanju skozi zahtevne akustične strukture kot so napeljave cevi)

C_{refl} = popravek zaradi prispevka odbojev

4.3 Ukrepi za preprečevanje in zmanjšanje hrupa

Ukrepe za zmanjšanje širjenja hrupa v okolje in njihovo izvedbo, nalagajo upravljalcem virov hrupa predpisi, če obremenitev s hrupom presega mejne ravni. Ukrepi so sledeči:

- zmanjšanje emisije hrupa na viru, zmanjšanje zvočne moči vira,
- omejevanje širjenja hrupa s funkcionalnimi pregradami,
- zaščita bivalnih prostorov z izboljšano zvočno izolacijo oken, zvočno izolacijo fasadnih ali obodnih elementov.

Pri varovanju okolja pred hrupom je bistveno prostorsko načrtovanje, in sicer predvsem pri zmanjševanju hrupa cestnega prometa. Ukrepi za zmanjšanje hrupa cestnega prometa obsegajo:

- tehnične ukrepe, npr. uporaba modernejših in tišjih transportnih sredstev,
- uvedbo omejitve hitrosti prometa v mestnem prometu,
- planiranje in regulacija prometne ureditve s preusmeritvami prometa na druge ceste,
- tehnične ukrepe, npr. uporaba poroznega asfalta na cestišču,
- uvedbo krožnega prometa za izognitev hrupu ob ustavljanju in speljevanju avtomobilov na semaforiziranih križiščih,
- sanacije objektov z večslojnimi okni in protihrupnimi fasadami ter namestitvev protihrupnih ograj pri gradnji novih naselij na periferiji,
- prometne zapore v središču mest,
- ureditev kolesarskih poti v mestih,
- posodobitev voznega parka mestnega prometa.

5 Protihrupne ograje

Protihrupna ograja je konstrukcija, ki ščiti naseljeno okolje pred prekomernim hrupom vozil iz smeri prometnice (ceste, železnice). Z njimi preprečimo onesnaževanje bivalnega okolja s hrupom.

Prva protihrupna zaščita se je pojavila v ZDA, ko se je sredi 20. stoletja pričela izgradnja avtocest in s tem povezane težave okoliškega prebivalstva. V Nemčiji je bil že leta 1972 sprejet zakon, ki je določal zmanjševanje vplivov onesnaženja s hrupom. V Sloveniji smo prvo zakonodajo dobili že sredi osemdesetih let, vendar prometne obremenitve takrat še niso bile tolikšne, da bi zahtevale zaščito pred hrupom. Prav tako ozaveščenost bližnjih prebivalcev še ni bila na takem nivoju, da bi to zaščito zahtevali. Prva obsežnejša zaščita z leseno protihrupno ograjo je bila izvedena ob južni ljubljanski obvoznici leta 1988.

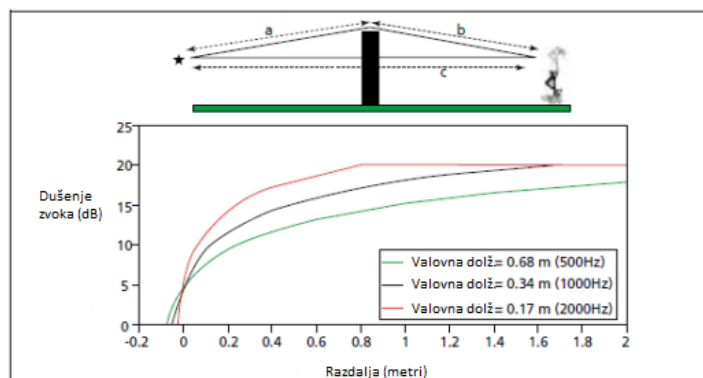
Protihrupne ograje so narejene iz materialov, ki absorbirajo za določeno lokacijo predpisano količino hrupa, lahko pa jo tudi odbijajo. Oblika protihrupne ograje se določi na osnovi izvedenih meritev hrupa in tudi matematičnega modeliranja širjenja hrupa. Običajno se uporablja kombinacijo različnih materialov in sestavnih delov (oblik). Ena od možnih kombinacij je protihrupni nasip, ki služi kot absorber in nadgradnja iz materiala, ki služi kot reflektor. Protihrupne ograje morajo biti oblikovane tako, da čim manj moteče vplivajo na videz okolice, pa kljub temu zagotavljajo zadostno zaščito pred hrupom.

5.1 Učinkovitost protihrupnih ograj

Dušenje zvoka zaradi zvočne pregrade je odvisno od dveh dejavnikov:

- Razlike med razdaljama, ki jo zvok napravi preko pregrade do poslušalca v primerjavi z neposredno razdaljo do poslušalca (a+b-c na sliki) in
- Frekvenčnega spektra hrupa.

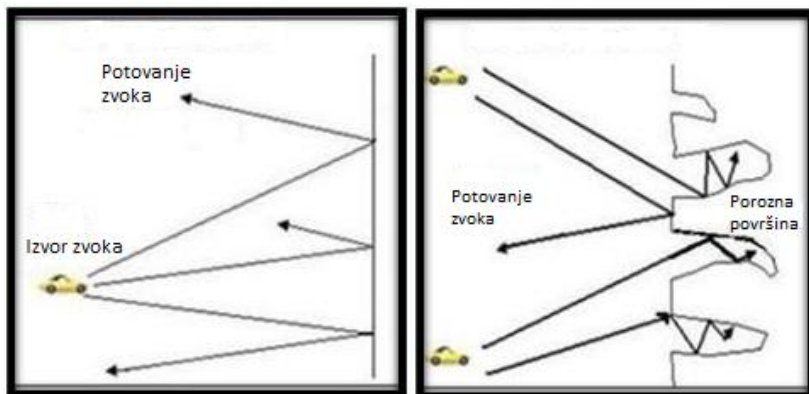
Skupni učinek obeh dejavnikov je viden na sliki spodaj. Iz grafa izhaja, da je učinkovitost zvočnih pregrad pri nizkih frekvencah zelo majhna.



Graf 2: Učinkovitost pri različnih frekvencah

Vir 4: *Okoljski hrup [online]*, 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://ims.si/documents/literatura/okoljski_hrup.pdf

Protihrupne ograje zmanjšujejo raven hrupa, ki vstopa v okolje iz avtoceste z absorpcijo, odbijanjem, ali pa prisilijo zvok, da potuje po daljši poti čez in okoli pregrade. Zvok je energija, kateri se z oddaljevanjem od izvora zmanjšuje intenzivnost. Zvočni valovi potujejo od avtomobilov na avtocesti v vse smeri. Ko valovi naletijo na ovire ali zapreke, se nekaj zvoka odbije od površine ovire (odbojna površina). Če je površina prepreke porozna, se na njej nahajajo majhne votline ali luknje, ki se širijo v notranjost materiala, bo del zvočnih valov ko dosežejo površino prepreke, potoval v njeno notranjost. Valovi se v notranjosti odbijajo in na koncu porabijo vso svojo energijo. Ta proces imenujemo absorpcija.

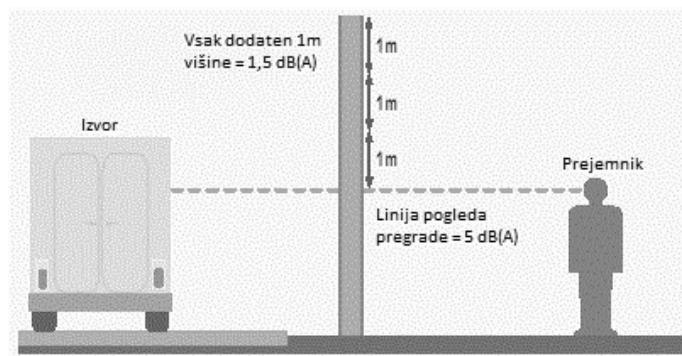


Slika 3: Odbojna površina pregrade

Slika 4: Porozna površina pregrade

Vir 5: How does a sound barrier work? [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: <http://www.sha.maryland.gov/Index.aspx?PageId=827>

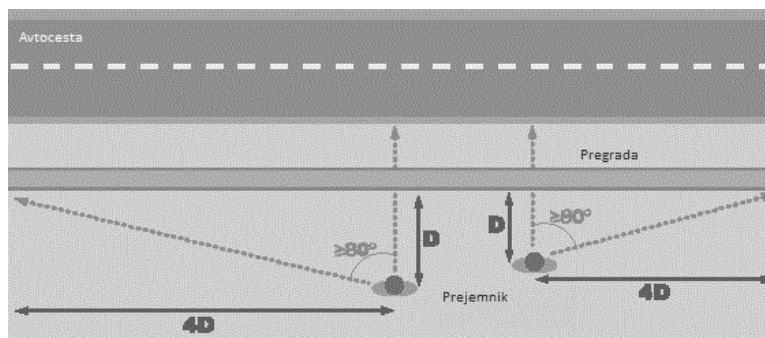
Protihrupna pregrada lahko doseže znižanje ravni hrupa 5 decibelov, če je dovolj visoka, da zastre pogled iz avtoceste do prejemnika. Nad to višino lahko doseže znižanje za približno 1,5 decibela, za vsak dodatni meter višine.



Slika 5: Višina pregrade

Vir 6: How does a noise barrier work? [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/keepdown.cfm

Za učinkovito zmanjšanje hrupa, ki prehaja čez oz. okoli pregrade, bi morala biti pregrada vsaj osemkrat daljša, kot je razdalja med prejemnikom hrupa ter pregrado.



Slika 6: Širina pregrade

Vir 7: How does a noise barrier work? [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/keepdown.cfm

Protihrupne ograje imajo tudi omejitve in niso vedno učinkovita metoda za zmanjševanje hrupa. Da bi ugotovili, če bo gradnja zvočne pregrade zagotovila primerno raven zmanjšanja hrupa, sta pomembna tako oddaljenost prejemnikov hrupa od avtoceste, kot tudi topografija površine kjer se prejemniki nahajajo.

Prekinitve protihrupnih ograj, kjer se nahajajo razni cestni priključki zmanjšujejo njihovo učinkovitost. Na nekaterih območjih so domovi prejemnikov hrupa preveč raztreseni, da bi bilo racionalno graditi protihrupne ograje. Protihrupne ograje so običajno najbolj učinkovite za območja, kjer se prejemniki hrupa nahajajo v oddaljenosti do približno 60 metrov od avtoceste.

Za učinkovito delovanje mora biti ograja dovolj visoka in dovolj dolga, da blokira pogled na cesto iz območja, ki ga je treba zaščititi pred hrupom. Pregrade zato naredijo zelo malo za domove, kateri se nahajajo na pobočjih s pogledom na avtocesto.



Slika 7: Vpliv topografskih značilnosti

Vir 8: Role of Topography [online], 12.12.2013, dostopno na naslovu: <http://www.sha.maryland.gov/Index.aspx?PageId=827>

5.2 Tipi protihrupnih zaščit

Za aktivno zmanjšanje prenosa hrupa med prometnico in okoljem se najpogosteje uporabljajo protihrupne ograje, nasipi in kombinacija obeh, redkeje pa pokriti vkopi. Izbira je odvisna predvsem od: okolja, v katerem poteka prometnica, vzdolžnega poteka prometnice in višine okolnega terena, vrste pozidave in predvidenih odbojev od objektov in načrtovane protihrupne zaščite. Protihrupne ograje so neprozorne ali prozorne. Neprozorne so cenejše in nudijo boljšo zaščito, vendar včasih premočno posegajo v okolje. Tudi na voznike vplivajo slabše, saj jim dajejo občutek utesnenosti, lahko tudi dezorientacije.

V praksi se uporabljajo naslednji tipi protihrupne zaščite:

5.2.1 Nasipi

Protihrupni nasipi so ena najstarejših oblik uporabe, ki pa se danes uporablja vse manj. Zgrajeni so iz zemljin in ojačenih (armiranih/podprtih) zemljin. Slednji se uporabljajo tam, kje je prostor za izgradnjo omejen. Za ojačitev se uporabljajo različno oblikovani elementi iz betona ali iz geotekstila in mrež. Nasipi zahtevajo veliko prostora za izgradnjo, problematično in drago je njihovo vzdrževanje. V kolikor imamo ob gradnji prometnice viške izkopanih materialov, je to morda ena od cenejših izbir. Učinek nasipov je manjši kot pri ograjah.

5.2.2 Ograje

Ločimo protihrupne ograje, ki zvok absorbirajo in take ki ga odbijajo (reflektirajo). Poznamo kovinske, betonske, lesene, iz umetnih vlaken, kombinirane in druge.

5.2.3 Pokriti vkopi

S pokritimi vkopi (tudi z galerijami) dosežemo največjo zaščito proti hrupu. Za tako zaščito se odločimo predvsem takrat, kadar ima taka konstrukcija tudi druge funkcije (možnost prehajanja živali preko prometnice, služi kot deviacija za drugo prometnico, zaščita pred plazovi in podobno). Gre za drage objekte že pri gradnji kot tudi pri vzdrževanju.

5.2.4 Zasaditve

Za zasaditev se uporabljajo različne drevesne vrste in grmovnice. Redkeje je to samostojen element protihrupne zaščite, pogosteje se uporablja v kombinaciji z drugimi elementi. Vegetacija ni zelo učinkovita zaščita proti hrupu, ima pa ugoden psihološki učinek. Približno 25 m širok pas omili hrup le za od 3 do 5 dB.

5.2.5 Drugi ukrepi aktivne zaščite pred hrupom

Poleg konstrukcij, se za zaščito zgradb in okolja pred hrupom od prometa uporabljajo še drugi ukrepi kot na primer:

- gradnja vozišč s tako imenovanimi tihimi asfalti
- z izpopolnjevanjem motorjev pri motornih vozilih
- z vozili na alternativne vire energije (elektrika, sončne celice,...)

6 Zaključek

Pri tem seminarju smo se najprej seznanili s pravnimi podlagami varstva pred hrupom, stopnjami varstva pred hrupom ter z mejnimi in kritičnimi vrednostmi kazalcev hrupa.

Nato smo obravnavali zvok, ter hrup, ki je v bistvu nezaželena ali škodljiva oblika zunanega zvoka. Spoznali smo kako se hrup širi v okolju in se seznanili z računskim modelom za hrup. Če obremenitev s hrupom presega mejne ravni, nalagajo predpisi upravljalcem virov hrupa izvedbo ukrepov za zmanjšanje širjenja hrupa v okolje.

V naslednjem delu seminarja smo predstavili različne tipe protihrupne zaščite, ter opisali učinkovitost protihrupnih ograj.

Hrup je v sodobni družbi velik okoljski problem, kateremu dolgo nismo namenjali dovolj pozornosti. Izbira ustrezne protihrupne zaščite je ključnega pomena za preprečevanje onesnaženja s hrupom ter za ustvarjanje prijetnega bivalnega okolja za vse, ki so hrupu izpostavljeni.

7 Viri

- [1.] ARSO [online]. *Hrup*. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/hrup.pdf>
- [2.] Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. [online]. *Guidelines for community noise*. London: World Health Organization, 1999. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>
- [3.] IMS Industrijski merilni sistemi [online]. *Okoljski hrup*. 2009. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: http://ims.si/documents/literatura/okoljski_hrup.pdf
- [4.] Križaj, K. *Protihrupna zaščita*: seminar pri Izbranih poglavjih iz uporabne fizike. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 2009.
- [5.] Maryland Department of Transportation, [online]. *Sound barriers guidelines – Highway traffic noise*. 2012. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.sha.maryland.gov/Index.aspx?PageId=827>
- [6.] U.S. Department of Transportation, Federal highway Administration [online]. *Highway Traffic Noise*. 2011. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: http://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/design_construction/keepdown.cfm
- [7.] Ur. l. RS [online]. *Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju*. 105/2005. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2005105&stevilka=4558>
- [8.] Wikipedia [online]. *Protihrupna ograja*. 2013. (Citirano: 12.12.2013). Dostopno na naslovu: http://sl.wikipedia.org/wiki/Protihrupna_ograj



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

POTRESI

Seminarska naloga pri predmetu prenosni pojavi iz okolja

Ime in priimek: Tina Novak

Vpisna številka: S1017991

Program in stopnja študija: Tehniško varstvo okolja, 1. stopnja

Smer in letnik študija: Tehniško varstvo okolja, 2. letnik

Študijsko leto: 2013/2014

Mentor: izr.prof. dr. Jure Ravnik

Maribor, november 2013

Kazalo vsebine

1. SPLOŠNO O POTRESIH	3
2. PRELOMI	4
3. POTRESNI VALOVI	6
3.1 PRIKAZ POTOVANJA VALOV PRI PREREZU ZEMLJE	7
3.2 MOHOROVIČIČEVA DISKONTINUITETA	8
4. MERJENJE VIBRACIJ	10
5. JAKOST POTRESA	11
5.1 MAGNITUDA.....	11
5.2 INTENZITETA	12
6. KAKO SE LAHKO ZAVARUJEMO PRED POTRESI?	13
6.1 OSNOVNI PRINCIPI PROTIPOTRESNE GRADNJE.....	13
6.2 INDIVIDUALNA ZAŠČITA MED POTRESOM	13
7. LITERATURA	15

Kazalo slik

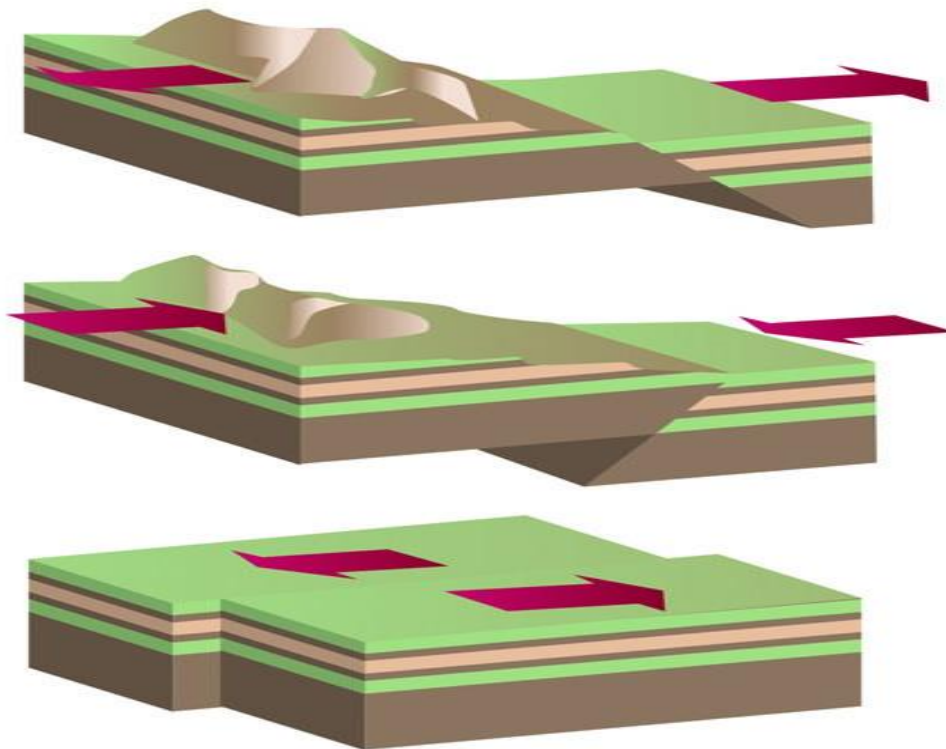
SLIKA 1: OSNOVNI TIPI PRELOMOV(6).....	4
SLIKA 2: PREREZ(6)	5
SLIKA 3 : POTOVANJE VALOV SKOZI ZEMLJO(10)	7
SLIKA 4: MOHOROVIČIČEV ZAKON(14).....	8
SLIKA 5: SEIZMOGRAM(8)	10
SLIKA 6: SEIZMOGRAF(8).....	10
SLIKA 7: IZOSTEISTE LJUBLJANSKEGA POTRESA 1895(9)	12

1. Splošno o potresih

Potresi predstavljajo gibanje tal, ki se pojavi zaradi nenadnih premikov v Zemljini skorji ali v zgornjem delu Zemljinega plašča. Najvažnejši so potresi, ki so tektonskega izvora. Med potrese tektonskega izvora lahko uvrstimo tudi inducirane potrese, ki se pojavljajo kot posledica polnjenja umetnih jezer. Druge vrste potresov pa se dogajajo zaradi delovanja vulkanov, nenadnega loma in padanja materiala (npr. v kraških jamah) ali zaradi močnih eksplozij. Tektonski potresi nastanejo kot posledica tektonike plošč. Vemo, da je Zemljina litosfera sestavljena iz Zemeljske skorje in zgornji del Zemeljskega plašča ter da je razlomljena na litosferske plošče, ki se pomikajo po astenosferi. Na oceanskih hrbtih se plošče odmikajo druga od druge in na teh mestih prihaja magma iz astenosfere proti površini, se izliva na morsko dno in se ohlaja. Zaradi razmikanja oceanskih plošč na oceanskih hrbtih pride na drugih robovih plošč do podpiranja oziroma subdukcije. Kot primer lahko navedemo podpiranje Cocos plošče pod severnoameriško ploščo, ki povzroča potrese v Mehiki. Vzrok potresov pri nas je pritisk afriške plošče na južni obod evrazijske plošče. Primerjava plošč in epicentrov potresov kaže, da pride do največjega števila potresov prav v bližini meja med posameznimi ploščami. Se pa potresi pojavljajo tudi v notranjosti plošč. Tak primer je Kitajska. Do teh potresov pride predvsem zaradi napetosti, ki nastanejo kot posledica pritiskov na robovih plošč.

2. Prelomi

Prelomi se pojavijo na tistih mestih, kjer pride do medsebojnih premikov med masami zemljin. Premiki, ki se pojavijo v obliki postopnega dolgotrajnega drsenja ne povzročajo potresov. Potres se pojavi, če pride do nenadnega premika, ki povzroči vibracije zemljine. Prelomi, ki so vidni na površini Zemlje, se ponekod raztezajo do večjih globin v Zemljini skorji, številni prelomi na površini pa sploh niso vidni. Na večjem delu prelomov, ki so narisani v geoloških kartah, so se zadnje deformacije zgodile pred nekaj deset tisoč leti ali celo pred nekaj milijoni let. Od tedaj naprej niso več aktivni. Potresi se lahko pojavijo samo na aktivnih prelomih. Jakost potresa je odvisna od dolžine aktiviranega preloma. Premik mase zemljine na prelomu je lahko v vertikalni ali horizontalni smeri, so pa možne kombinacije osnovnih tipov. (1)

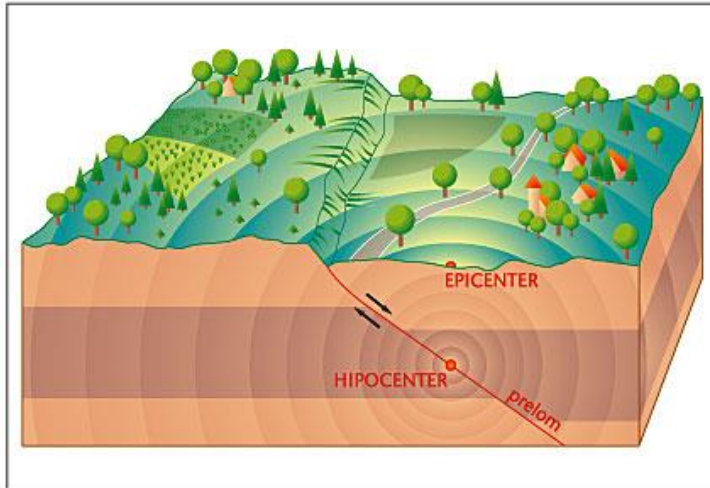


Slika 1: Osnovni tipi prelomov(6)

Hipocenter potresa je mesto, kjer se lom prične in od koder se pričnejo širiti potresni valovi. Imenujemo ga lahko tudi žarišče ali fokus.

Epicenter je vertikalna projekcija hipocentra na površini Zemlje. Tu so učinki potresa praviloma najhujši.

Glede na globino hipocentra delimo potrese na plitve in globoke. Večina potresov je plitka s hipocentrom v globini do 70 km. Globoki potresi pa se pojavijo na nekaterih mestih podirivanja in dosežejo globino tudi do 700 km. (1)



Slika 2: Prerez(6)

3. Potresni valovi

Potresni valovi se ne širijo samo od hipocentra, pač pa od celotnega območja preloma. Njihova jakost se zmanjšuje z oddaljenostjo. Zaradi tega je treba upoštevati, da je oddaljenost od preloma najmanj tako pomemben podatek kot oddaljenost od hipocentra ali epicentra.

Kinetična energija, ki se generira pri lomu zemljine skorje, se v obliki potresnih valov širi v okolico. Po notranjosti zemlje se širijo prostorski valovi, na površini pa površinski valovi.

Prostorske valove delimo na P-valove, ki jih imenujemo primarni, longitudinalni ali vzdolžni in na S-valove, ki jih imenujemo sekundarni, transverzalni, prečni ali strižni valovi. Pri P-valovih delci zemljine nihajo v smeri širjenja valovanja, pri S-valovih pa pravokotno na smer širjenja valovanja.

Površinski valovi so omejeni na Zemljino površino. Delimo jih na R in L valove. Pri L-valovih delci na površini nihajo v horizontalni ravnini pravokotno na smer širjenja valovanja. Pri R-valovih se pojavi eliptično nihanje v ravnini pravokotno na površino. (1)

Posamezne vrste valov se širijo z različnimi hitrostmi. Hitrosti širjenja P in S valov sta podani z enačbama :

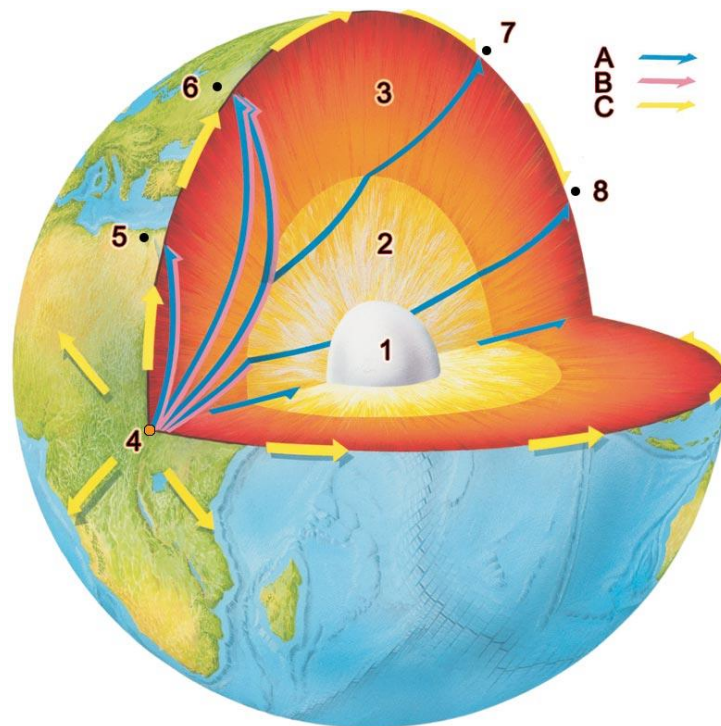
$$v_P = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1+2\nu)}}$$

$$v_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Kjer je E modul elastičnosti, ρ gostota, ν Poissonovo število, G pa strižni modul, definiran z enačbo (1)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

3.1 Prikaz potovanja valov pri prerezu Zemlje



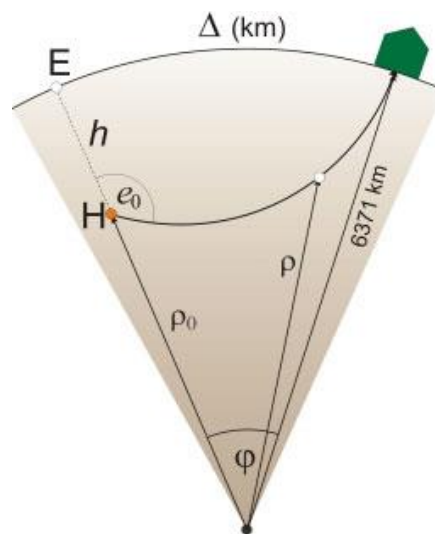
Slika 3 : Potovanje valov skozi Zemljo(10)

- A. Kompresijski (P) val
- B. Strižni (S) val
- C. Površinski (L) val

- 1. Notranje jedro
- 2. Zunanje jedro
- 3. Plašč
- 4. Mongalla ,potres 20.5.1990 z magnitudo 7.1
- 5. Kairo
- 6. Moskva
- 7. Anchorage
- 8. Havaji

3.2 Mohorovičičeva diskontinuiteta

Mohorovičičevo diskontinuiteto, ki jo imenujemo tudi Moho, je odkril hrvaški seizmolog Andrija Mohorovičič, ko je opazoval nenadno povečanje hitrosti potresnih valov. Moho je meja med Zemljino skorjo in plaščem. Moho plast ločuje oceansko in celinsko skorjo zgornjega plašča. Mohorovičič je s preučevanjem zapisov Pokupskega potresa ugotovil, da sta na zapisu primarni in sekundarni val. Razlika med njima je bila v časovnem razmiku, saj je en val potoval hitreje od drugega, izvor pa sta imela isti. Predpostavil je, da hitrost potresnih valov v Zemljini skorji narašča postopoma, oziroma glede na to kako valovi prehajajo v vse večjo globino Zemljine skorje. Večja kot je globina, večja je hitrost potresnih valov. To predpostavko je izrazil z eksponentno funkcijo, ki jo imenujemo Mohorovičičev zakon. (4)



Slika 4: Mohorovičičev zakon(14)

6371 km ...globina hipocentra

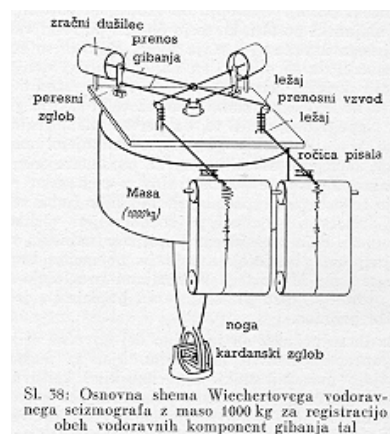
ρ ...oddaljenost od epicentra

To pomeni, da na določeni globini prihaja do naglega naraščanja hitrosti potresnih valov, kar je povezano s spremembo materialov iz katerih je Zemlja sestavljena. S tem je pojasnil nastanek sekundarnega vala, ki nastane tako, da se del izvornega vala odbije od Moho sloja. Sekundarni val potuje počasneje od primarnega vala, ki je potoval skozi gostejši plašč Zemlje. Moho sloj se v povprečju nahaja 7 km pod morsko gladino in 30-35 km pod tipično kontinentalno skorjo. Samo odkritje Moho sloja, je dalo znanstvenikom potrditev o obstoju tega plašča. V tem času se je predpostavljalo, da je Zemlja sestavljena iz večih slojev, vendar pa nihče ni vedel iz kolikih, niti kje se ti sloji začenjajo in kje končajo. Celo pred preučevanjem seizmograma Pokupskega potresa je Andrija slutil, da Zemlja ni homogena, ampak ima razlike v lastnostih, na to kako globlje v notranjost Zemlje prehajamo. Ni pa vedel, kako se lastnosti menjavajo glede na globino. Danes zahvaljujoč njemu, vemo da je Zemlja sestavljena iz večih slojev z različnimi lastnosti.(4)

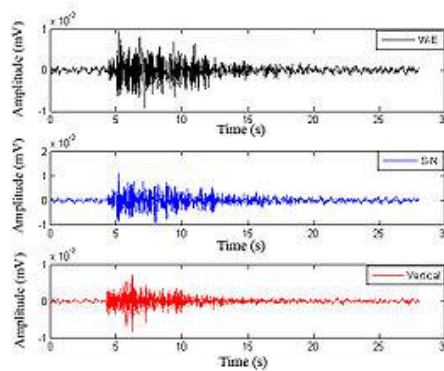
4. Merjenje vibracij

>>Nihanja tal beležijo instrumenti, ki jih imenujemo seizmografi. Prvi od teh instrumentov so bili razviti okrog leta 1890. Danes obstaja seizmološka mreža z več sto seizmografi po vsem svetu. Zapise seizmografov, ki jih imenujemo seizmogrami, uporabljamo za določitev magnitude potresa in lokacije epicentra.<< (1)

Seizmograf je v principu nihalo z lastno periodo, ki je bistveno večja od periode nihanja tal pri potresu. So zelo občutljivi instrumenti, ki zelo povečujejo pomike tal. Namenjeni so registracijam majhnih nihanj tal, ki se pojavljajo zaradi oddaljenih potresov. Za registracijo večjih nihanj tal je razvita druga vrsta instrumentov, ki jih imenujemo akcelometri. Princip dela je podoben principu dela seizmografa, le da ima nihalo akcelometra lastne periode, ki so nižje od period nihanja tal pri potresu. (1)



Slika 5: Seizmogram(8)



Slika 6: seizmograf(8)

5. Jakost potresa

5.1 Magnituda

Jakost potresa je odvisna od količine sproščene energije. Kvantitativna mera za jakost potresa je magnituda M , ki jo je definirjal Richter leta 1935 in ki indirektno meri energijo potresa. Po Richterju je magnituda enaka logaritmu (z bazo 10) maksimalne amplitude potresnih valov (v mikronih), ki so merjeni na standardnem akcelografu v oddaljenosti 100 km od epicentra potresa. Richterjeva lestvica ima 9 stopenj, vsaka stopnja na tej lestvici pomeni 32 krat večjo magnitudo kot prejšnja. (1)

Zveza med magnitudo in energijo :

Večji del energije, ki se sprosti pri potresu, se porabi za lom materiala in premike mas zemljine ob prelomih in za ustvarjanje toplote. Samo manjši del energije se v obliki potresnih valov širi na vse strani. Ta energija povzroča gibanje tal in poškodbe na konstrukcijah. Imenujemo jo potresna energija (energija potresnih valov) (1)

$$\log E = 4.8 + 1.5 M$$

Kjer je:

Epotresna energija v joulih

M magnituda

Zveza med magnitudo in dolžino preloma :

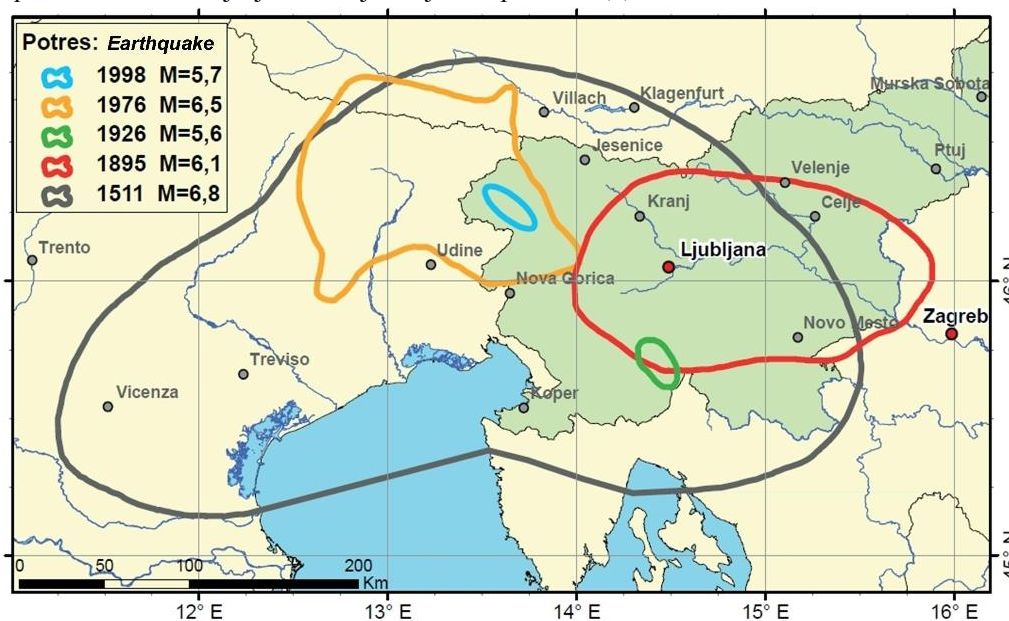
Lestvice magnitud teoretično nimajo omejitev niti navzdol niti navzgor. Praktično omejitev navzdol predstavlja občutljivost instrumentov, navzgor pa kapaciteta prelomov na Zemlji. Sproščena energija je namreč odvisna od dolžine aktiviranega preloma. (1)

M	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	8,8	
L [km]		3,4	5,5	8	14	40	110	300	850	1600

Tabela 1: Zveza med magnitudo M in dolžino preloma L

5.2 Intenziteta

Za prebivalstvo je pri potresu najvažnejša škoda, ki jo bo potres povzročil. Zaradi tega se jakost potresa meri tudi po njegovih posledicah na objektu in živih bitjih. To mera se imenujemo intenziteta potresa. Ni odvisna samo od količine sproščene energije, ki se odraža v magnitudi, pač pa tudi od oddaljenosti hipocentra in od lokalnih geoloških in geomehanskih značilnosti. Danes se po svetu uporablja več lestvic intenzitete, ki vse temeljijo na opazovanju objektov in živih bitij ter sprememb v naravi v času potresa. Ponekod se še vedno uporablja MCS(Mercalli-Cancani-Sieberg) lestvica, čeprav je bila njena prva verzija izdelana že leta 1904. V Severni Ameriki je najpopularnejša MM(modificirana Mercallijeva) lestvica, medtem ko se v Evropi najpogosteje uporablja MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) lestvica. Vse tri lestvice imajo po 12 stopenj. Poškodbe na področjih z enako intenziteto so približno enake v vseh treh primerih. Po določitvi intenzitet za posamezna območja se narišejo izosteiste, ki delijo širše območje v cone z različnimi intenzitetami. Praviloma je intenziteta največja v epicentru in se zmanjšuje z oddaljenostjo od epicentra. (1)



Slika 7: Izosteiste ljubljanskega potresa 1895(9)

Pomembnejše poškodbe na MSK lestvici se pojavljajo šele pri intenziteti 7 ali višji.

6. Kako se lahko zavarujemo pred potresi?

Potresi sodijo med največje naravne katastrofe, terjali so že milijone človeških življenj in uničili mesta. Vemo, da potresov ne moremo preprečiti, lahko pa se pred njimi najbolj zavarujemo s protipotresno gradnjo.

6.1 Osnovni principi protipotresne gradnje

- 1) Potresne sile, ki delujejo na objekt, so sorazmerne masam objekta, zato je priporočljivo, da so objekti na potresnih območjih dimenzionirani in izdelani tako, da so čim lažji
- 2) Da bi zmanjšali amplitude nihajev in s tem tudi deformacije v strukturi, mora biti težišče objekta čim nižje
- 3) Energijo, ki jo sprošča potres in ki s potresnimi valovi prihaja v strukturo, mora objekt absorbirati brez resnih poškodb. Za boljšo absorpcijo energije morajo gradbeni materiali ob pravilni uporabi imeti lastnosti duktilnosti. Duktilnost je zmogljivost objekta prenesti velike odklone ali amplitude iz položaja ravnovesja, ne da bi pri tem objekt utrpel hude poškodbe ali se celo porušil
- 4) Da bi preprečili torzijske učinke potresnih obremenitev je priporočljivo načrtovati objekte tako, da so njihovi tlorisi enostavni in simetrični.
- 5) Načrtovanje in izvedba stopnišč je zelo pomembna, saj bo večina prebivalstva med potresom skušala po njih priti na prosto. Stopnišča morajo biti dovolj varna in prenesti morajo vse potresne sile, ne da bi se pri tem porušila ali hudo poškodovala (2)

6.2 Individualna zaščita med potresom

Ustrezno ukrepanje in obnašanje ljudi od potresu je zelo pomembno (zapuščanje pritličnih zgradb, umik pod vratne podboje), saj lahko reši na tisoče življenj.

Ravnanje posameznika v stavbi med potresom je odvisno od potresne odpornosti stavbe (kvaliteta gradnje). V večnadstropnih stanovanjskih hišah je zlasti pomembno, v kateri etaži v hiši se posameznik nahaja. Običajno največje poškodbe nastanejo v pritličju, če je le-to oslabiljeno z garažami ali drugimi večjimi prostori, saj je premalo vertikalnih elementov.

Ko pride do potresa, ko se močno začnejo majati tla pod nogami, je najbolje, da stanovalci v pritličju takoj zapustijo stavbo in odidejo na cesto ali vrt. V primeru večetažnih objektov, je možno, da bodo vhodna vrata zasičena z ostalimi prebivalci iz drugih nadstropij, zato je najhitrejši način izhoda skozi vrata za vrt (če obstajajo) ali skozi okno (če ni previsoko). Takoj po izhodu se je treba oddaljiti od stavbe, ker s strehe lahko padejo kosi dimnikov in strešna opeka. Odhod iz stavbe mora biti predvsem hiter. Če pa se stavbe zaradi pojava močnih potresnih sunkov ne da ali ne more zapustiti, potem je bolje, da ostanejo znotraj in si poiščejo najvarnejšo mesto v stanovanju. Najbolje se je postaviti pod odprtino vrat, saj se tako

zavarujemo pred morebitno porušitvijo stropa, če je le-ta lesen. Železobetonski stropi se ne rušijo, se pa sesedajo, če se porušijo zidovi ali stebri. Izogibati se je treba notranjim stenam, saj se te najprej porušijo.

Vedno pa obstaja možnost, da potres pride ponoči, takrat običajno izpade električni tok, zato je treba v stanovanju imeti žepno baterijsko svetilko.(3)

7. Literatura

1. **Peter, Fajfar.** *Osnove potresnega inženirstva.* Ljubljana : Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 1995.
2. **Ribarič, Vladimir.** *Potresi.* Ljubljana : Cankarjeva založba, 1984.
3. **Bubnov, Sergej.** *Potresi.* Ljubljana : Mladinska knjiga, 1996.
4. [Online] http://hr.wikipedia.org/wiki/Mohorovi%C4%8Di%C4%87ev_diskontinuitet.
5. [Online] http://hr.wikipedia.org/wiki/Mohorovi%C4%8Di%C4%87ev_diskontinuitet.
6. [Online]
https://www.google.com/search?q=mohorovi%C4%8Di%C4%87ev+diskontinuitet&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ei=VljFUpu5BceGyQPvzIGgDA&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1366&bih=562#facrc=_&imgdii=nBvOp84Su40mIM%3A%3BnoJC5lZqm-8Q4M%3BnBvOp84Su40mIM%3A%3BVeQ.
7. **Ribarič, Vladimir.** *Potresi v Sloveniji.* Ljubljana : Slovenska matica, 1994.
8. **Ambrožič, Bojan.** [Online] <http://bojanambrozic.wordpress.com/2013/02/02/potresi-v-sloveniji/>.
9. Modrijan. [Online] <http://www.modrijan.si/Solski-program/Solski-program/Gradiva-za-ucitelje/Srednja-sola/geografija/Slikovno-gradivo-iz-ucbenikov-za-geografijo-v-gimnaziji-1.-letnik>.
10. **Petelin, Matej.** [Online] <http://zvonko.fgg.uni-lj.si/seminarji/potresi/potresi.html>.
11. Wikipedia. [Online] <http://bs.wikipedia.org/wiki/Potres>.
12. Geocaching. [Online] http://www.geocaching.com/geocache/GC3CFCE_potres-earthquake-1511?guid=551adad0-931b-4ff1-a163-4cce7f614aa2.
13. Onegeology. [Online] <http://www.onegeology.org/extra/kids/slovenian/earthquakes.html>.
14. [Online] eksponencijalnom funkcijom.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

RADIOAKTIVNOST – kako nastane, nevarnosti, kako se prenaša

Študentka: Nuša Edelbaher (S1017924)

Študijski program: Univerzitetni študijski program 1. Stopnje

Smer: Tehniško varstvo okolja

Mentor:izr.prof. Jure Ravnik

December, 2013

1 KAZALO

1	KAZALO.....	2
2	UVOD.....	3
3	RADIOAKTIVNI RAZPAD IN RAZPOLOVNI ČAS.....	4
3.1	AKTIVNOST.....	6
3.1.1	Razpad alfa.....	8
3.1.2	Razpad beta.....	9
3.1.2.1	Razpad beta minus.....	9
3.1.2.2	Razpad beta plus.....	10
3.1.3	Razpad gama.....	10
3.2	MERJENJE RADIOAKTIVNEGA SEVANJA.....	11
4	NEVARNOSTI SEVANJA.....	12
4.1	NARAVNI VIRI.....	12
4.2	UMETNI VIRI.....	12
4.3	VPLIV SEVANJA NA ČLOVEKA.....	13
4.4	VARSTVO PRED SEVANJI.....	13
4.4.1	Alara.....	14
4.4.2	Nadzorni programi.....	14
5	RADIOAKTIVNO ONESNAŽEVANJE.....	15
5.1	KAJ JE RADIOAKTIVNO ONESNAŽEVANJE?.....	15
5.2	VIRI KONTAMINACIJE.....	15
5.3	NIZKA STOPNJA KONTAMINACIJE.....	17
5.4	VISOKA STOPNJA KONTAMINACIJE.....	17
5.5	NAČINI IZPOSTAVLJENOSTI RADIOAKTIVNEMU SEVANJU.....	17
6	RADIOAKTIVNI ODPADKI.....	19
6.1	NIZKO RADIOAKTIVNI ODPADKI.....	19
6.2	SREDNJE RADIOAKTIVNI ODPADKI.....	19
6.3	VISOKO RADIOAKTIVNI ODPADKI.....	20
7	VIRI IN LITERATURA.....	21

2 UVOD

Radioaktivnost je pojav, pri katerem nestabilno atomsko jedro razpade. Pri razpadu nastane drugo jedro, obenem pa se sprosti še visokoenergijski delec. Da pa bi bolje spoznali pojem radioaktivnosti, pa je treba poznati začetke radioaktivnosti. Radioaktivnost je bila prvič odkrita leta 1896, odkril pa jo je francoski znanstvenik Henri Becquerel, medtem ko je delal na fosforescentnih materialih. Ti materiali svetijo v temi po izpostavljenosti svetlobi, zato je mislil, da se svetijo v katodnih ceveh z žarki X, ki so povezani s fosforescenco. Ko so uporabili uransko sol je bil rezultat počrnjena tablica. To sevanje so imenovali Becquerel Rays. Nadaljne raziskave, ki so jih Becquerel, Marie Curie, Pierre Curie in drugi izvedli, so pokazale, da je radioaktivnost bistveno bolj zapletena. Različne vrste razpada se lahko pojavijo, vendar se vse pojavijo z enakimi matematičnimi eksponentnimi formulami.

3 RADIOAKTIVNI RAZPAD IN RAZPOLOVNI ČAS

Pri večjem številu enakih jeder lahko napovemo verjetnost razpada določenega deleža jeder na časovno enoto. Vsak nestabilen nuklid ima svojo karakteristično verjetnost za razpad na enoto časa. Verjetnost za razpad se imenuje razpadna konstanta λ .

Če je $N(t)$ število jeder ob času t in $-dN$ število jeder, ki razpade v intervalu dt (negativen znak je potreben, ker se število N z razpadom zmanjšuje), velja:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

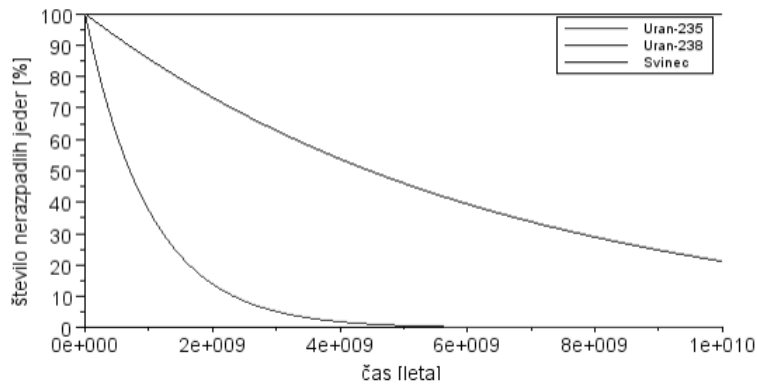
Iz konstantne verjetnosti za razpad sledi, da se veliko število radioaktivnih jeder eksponentno zmanjšuje s časom. Zakon radioaktivnega razpada opišemo z enačbo:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 = število radioaktivnih jeder na začetku (pri času $t = 0$)

$N(t)$ = njihovo število pri času t

Nuklidi z veliko razpadno konstanto hitro razpadajo oziroma se njihovo število hitro zmanjšuje. Pravimo jim tudi kratkoživi nuklidi. Nasprotno pa nuklidi z manjšno razpadno konstanto razpadajo počasi, zato se imenujejo dolgoživi nuklidi. Najbolj dolgoživi so seveda stabilni nuklidi, ki imajo razpadno konstanto enako nič.



Slika 1: Eksponentni zakon radioaktivnega razpada [Vir: http://drugg.fgg.uni-lj.si/3900/1/VKI192_OgrizekWoerman.pdf]

Iz eksponentnega zakona radioaktivnega razpada lahko tudi izpeljemo, da je povprečni življenjski čas τ radioaktivnega jedra enak inverzni vrednosti razpadne konstante:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Najpogosteje pa se uporablja razpolovni čas $t_{1/2}$, ki je definiran kot čas, v katerem se število radioaktivnih jeder zmanjša za polovico. Pri času $t = t_{1/2}$ imamo torej $N_0/2$ jeder, in če to vstavimo v eksponentni zakon radioaktivnega razpada, dobimo:

$$N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} N_0$$

Enačbo okrajšamo z N_0 in logaritmiramo ter dobimo pomembno zvezo:

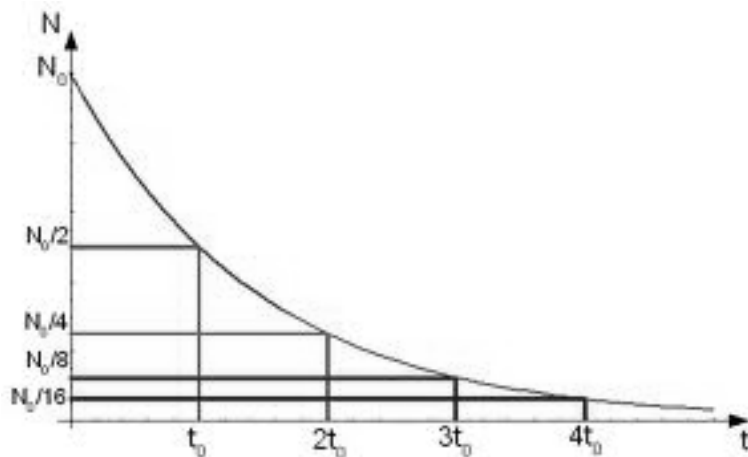
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Iz nje sledi tudi povezava med razpolovnim in življenjskim časom:

$$\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

Razpolovni čas ima zelo nazoren pomen. Po preteku vsega razpolovnega časa se število radioaktivnih jeder nadalje razpolovi in velja: [3]

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$$



Slika 2: Razpolovni čas

[Vir: <http://student.pfmb.unimb.si/~rmarkovic/razpadna%20enacba%202.html>]

3.1 AKTIVNOST

Pri radioaktivnem izvoru nas ne zanima toliko, koliko radioaktivnih jeder vsebuje, temveč koliko teh jeder razpade v enoti časa, npr. v sekundi. Vsak razpad je namreč združen z emisijo sevanje. Zato moramo vedeti, koliko delcev oziroma elektromagnetnega valovanja izvor izseva v enoti časa.

Število razpadov radioaktivnih jeder v enoti časa se imenuje aktivnost izvora A . Očitno je aktivnost izvora večja, če izvor vsebuje več radioaktivnih jeder (večji n) in če ta hitreje razpadajo (manjši razpolovni čas oziroma večja razpadna konstanta). Če v časovnem intervalu Δt razpade ΔN radioaktivnih jeder, je aktivnost izvora dana s količnikom:

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Enota aktivnosti je 1 razpad/s; imenuje se becquerel (Bq):

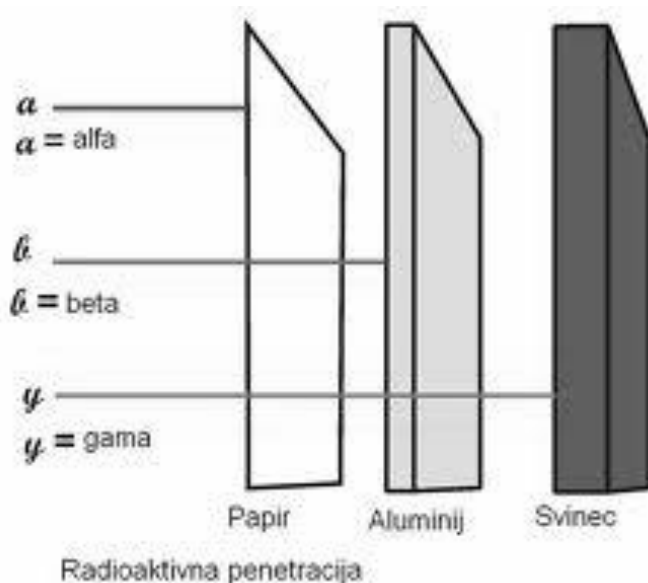
1 Bq = 1/s

To je razmeroma majhna enota, saj ima že šibak izvor aktivnosti več milijonov Bq. Stara enota aktivnosti 1 Ci (curie) je bila definirana z aktivnostjo 1 grama ^{226}Ra in znaša $3,7 \cdot 10^{10}$ razpadov v sekundi.

Vrsta radioizotopa	Specifična aktivnost A_s [Bq/g]	Razpolovni čas
^3H	$3,6 \cdot 10^{14}$	12,32 let
^{40}K	$3,1 \cdot 10^1$	$1,28 \cdot 10^9$ let
^{60}Co	$4,1 \cdot 10^{13}$	5,29 let
^{131}I	$4,6 \cdot 10^{15}$	8,02 dni
^{137}Cs	$3,2 \cdot 10^{12}$	30,17 let

Tabela 1: Specifične aktivnosti nekaterih radioizotopov

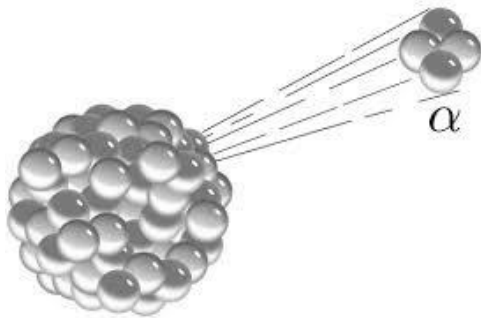
Način razpada določenega nestabilnega jedra je določen z vrsto sevanja, ki ga jedro ob razpadu oddaja. Najpogostejši načini razpada so razpad alfa, razpad beta in razpad gama. Podobno kot na hitrost razpada tudi na način razpada ne moremo vplivati od zunaj. Način razpada je določen z notranjo zgradbo jedra. [4]



Slika 3: Prodornost žarkov [Vir: <http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost.html>]

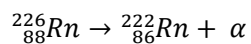
3.1.1 Razpad alfa

Delec alfa je helijevo jedro. Sestavljajo ga štirje nukleoni, dva protona in dva nevtrona. Alfa aktivna jedra so praviloma težka jedra, pri katerih zaradi močnih elektrostatskih odbojnih sil med številnimi protoni ni več možno doseči stabilnosti. Tako jedro zmanjša svojo notranjo energijo tako, da odda delec alfa.



Slika 4: Razpad alfa [Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Razpad_alfa]

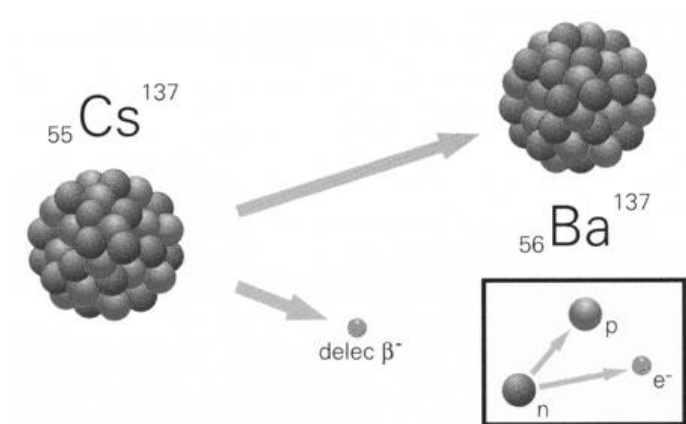
Z izsevanjem delca alfa jedro odda dva protona in dva nevtrona, torej se njegovo masno število zmanjša za 4, vrstno pa za 2. Novonastalo jedro pripada elementu, ki je v periodnem sistemuu dve mesti levo od prvotnega, radioaktivnega elementa, in je ${}^{222}_{86}\text{Rn}$.



Alfa sevalci so razmeroma dolgoživi. Poleg obeh izotopov urana sta v jederski tehnologiji pomembna še izotopa plutonij, americij. V vsakdanjem življenju pa je pomemben plin radon, ki je tudi alfa sevalec in je odgovoren za večji del naravne obsevanosti ljudi. Razpad alfa poveča relativni delež nevtronov, zato v primeru razpadne verige običajno po nekaj razpadlih alfa pride do razpada beta minus.

3.1.2 Razpad beta

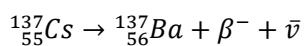
Sevanje beta je tok delcev beta, elektronov, ki nastanejo pri beta radioaktivnem razpadu jeder radioizotopa. Beta aktivna jedra so jedra, pri katerih razmerje med številom protonov in nevtronov ne ustreza območju stabilnosti. Beta aktivna jedra imajo torej bodisi presežek nevtronov bodisi protonov. Glede na to, katerih nukleonov je v jedru preveč, ločimo različne podvrste razpada jedra: jedra s presežkom nevtronov razpadejo z razpadom beta minus, jedra s presežkom protonov pa z razpadom beta plus, lahko pa tudi z zajetjem elektrona.



Slika 5: Razpad beta [Vir: <http://www.nauk.si/materials/4481/out/>]

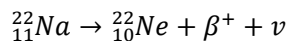
3.1.2.1 Razpad beta minus

Pri tem razpadu se število nevtronov v jedru za enega zmanjša, število protonov za enega poveča, iz jedra pa izletita delca beta minus in antinevtrino. Pri razpadu beta minus nastane element, ki ima vrstno število za ena večje od prvotnega. Masno število pa se ne spremeni, saj za vse vrste razpada beta velja, da potekajo med izobari.



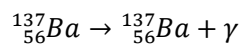
3.1.2.2 Razpad beta plus

Pri razpadu beta plus izletita iz jedra delca beta plus in nevtrino ν . Pri razpadu beta plus se radioaktivno jedro spremeni v jedro, ki je v preglednici nuklidov eno vrstico nižje in en stolpec desno od prvotnega. Nastane torej element, ki ima vrstno število za ena manjše od prvotnega. Nuklidi z beta plus razpadom so zelo redki. S takšnim načinom sta poleg ^{22}Na pomembna ^{51}Cr in ^{54}Mn .



3.1.3 Razpad gama

Sevanje gama je elektromagnetno valovanje, ki nastane pri gama razpadu jeder radioizotopov. Prehod med vzbujenimi stanji jedra imenujemo razpad gama. Gama sevanje ima praviloma višjo energijo od rentgenskega sevanja in je tudi prodornejše. Prav tako je bistveno prodornejše od alfa in beta delcev. Sevanje gama je nevarno kot zunanji in kot notranji vir sevanja. Gama sevanje je zelo prodorno, saj ima v zraku doomet nekaj kilometrov. Razpad alfa in beta vodita do jedra v vzbujenem stanju, ki se pomirja z razpadom gama. Vzbujeno stanje nastalega jedra je običajno tako kratkoživo, da gama sevanje pripišemo razpadajočemu jedru. [7]



3.2 MERJENJE RADIOAKTIVNEGA SEVANJA

Nobenega od treh vrst radioaktivnega sevanja ne moremo zaznati s čutili. Lahko pa ga zanesljivo odkrivamo in natančno merimo z instrumenti, ki delujejo na osnovi fizikalnih učinkov, kot so ionizacija, počrnitev filma, scintilacija in termoluminiscenca. Zelo znan in pogosto uporabljen je Geiger – Müllerjev števec, ki deluje na osnovi ionizacije plina v detektorju. To pomeni, da sevanje pri prehodu skozi plin (lahko tudi tekočino ali trdno snov) atomu odtrga elektrone. Pri tem dobimo pozitivno nabit atom, ki mu manjka elektron, ter prosti elektron. Prosti elektron se v tem polju močno pospeši in ustvari plaz novih ionskih parov. Tako nastanejo razmeroma močni sunki električnega toka, ki jih registrira in šteje elektronski števec. Na osnovi števila sunkov v eni sekundi sklepamo na jakost sevanja. [4]



Slika 6: Geiger - Müllerjev števec [Vir: <http://7dana.info/?p=5799>]

4 NEVARNOSTI SEVANJA

4.1 NARAVNI VIRI

Vsa živa bitja na Zemlji so od nekdanj izpostavljan naravnemu radioaktivnemu sevanju iz različnih virov, kot so kozmični žarki, ki prihajajo iz vesolja, in naravni izotopi, ki so sestavni del kamnin in so bolj ali manj enakomerno razporejeni po vsej zemeljski obli. Ti naravni radioaktivni izotopi, na primer uran, seveda nenehno razpadajo v svoje razpadne produkte, ki so tudi radioaktivni, na primer v radioaktivni plin radon. Ta izhaja iz zemlje. Velikokrat se koncentrira v zaprtih prostorih, kjer lahko v nekaterih primerih znatno preseže dovoljeno mejno koncentracijo.

K naravnemu ozadju oziroma k naravni dozi obsevanja človeka prispevata zunanje in notranje obsevanje. K skupni dozi naravnega obsevanja 2,4 milisiverta na leto, ki jo prejme povprečen zemljan, prispeva dve tretjini notranje obsevanje (predvsem vdihovanje radona) in eno tretjino zunanje obsevanje iz naravnega ozadja.

4.2 UMETNI VIRI

Poleg naravnih virov v zadnjih sto letih na človeka vplivajo tudi umetni viri radioaktivnega sevanja. Gre za uporabo sevanja in radioaktivnih snovi v medicini (rentgen, jedrska medicina), jedrskih elektrarnah, industriji in raziskovalni dejavnosti. Skoraj celoten delež letne obsevanosti človeka iz umetnih virov prispevajo preiskave in zdravljenje v medicini.

[2]

4.3 VPLIV SEVANJA NA ČLOVEKA

Radioaktivno sevanje pri človeku najbolj ogroža molekulo DNK, ki je prenašalka »spomina« v vsaki celici. Poškodba molekule DNK lahko pomeni, da bo celica odmrla, delovala nenormalno, ali pa pri delitvi prenesla napačno informacijo. V celici obstajajo mehanizmi, ki lahko popravijo poškodbe DNK, vendar so pri prevelikem številu poškodb neuspešni.

Poškodbe, ki jih povzroči ionizirajoče sevanje, so lahko opazne na obsevanih tkivih in organizmu (somatski učinki), lahko pa se pojavijo šele pri potomcih (genetski učinki). Vzrok za genetske učinke so mutacije, ki se prenesejo na potomce in učinkujejo šele pri njih.

Kadar človeško telo prejme zelo velike doze sevanja v kratkem času (1 Sv ali več), pride do takoj občutnih posledic, nastopi t.i. akutna radiacijska bolezen. Sprva se kaže s slabostjo in bruhanjem, pri večjih dozah lahko nastopi tudi smrt.

4.4 VARSTVO PRED SEVANJI

Kmalu po odkritju koristnih lastnosti ionizirajočih sevanj na prelomu prejšnjega stoletja so odkrili tudi njihovo drugo plat: sevanje lahko škoduje zdravju. Zato je Mednarodna komisija za radiološko zaščito (ICRP) že leta 1928 izdala prve predpise, ki so določali največjo absorbirano dozo, ki ne škoduje zdravju ljudi.

Varstvo pred sevanji ima tri delovna področja: zaščito vsega prebivalstva, zaščito delavcev, ki delajo z radioaktivnimi viri, in nuklearno medicino. Medtem ko za prebivalstvo vse države ni mogoče opraviti posamičnega merjenja prejetih doz, saj se povprečna doza izračunava na osnovi vrste podatkov o radioaktivnosti oziroma kontaminiranosti zraka, vode in hrane, se prejeta doza delavcev, ki delajo z viri radioaktivnega sevanja oziroma v okolju, kjer je povečana radioaktivnost, meri individualno; zanje veljajo posebni predpisi.

V treji skupini, ko gre za radioaktivnost v medicini, so lahko udeleženi vsi – vsi ki gredo na rentgenski pregled ali na zdravljenje s pripomočki nuklearne medicine. Na tem področju še nedavno ni bilo predpisov in priporočil, ki bi določali dovoljene doze. Zdravnikom je bilo prepuščeno, da se na osnovi izkušenj in ocene o učinkovitosti terapije glede na stanje bolezni določajo doze, ki so jih prejeli posamezni pacienti. Leta 1995 so bila objavljena mednarodna priporočila, ki določajo doze, ki so primerne za posamezne vrste posegov. [1]

4.4.1 Alara

Na področju zaščite pred radioaktivnimi sevanji je vedno v ospredju tako imenovano načelo ALARA (okrajšava za *As Low As Reasonably Achievable*), kar pomeni čim manjšo smiselno dosegljivo izpostavljenost virom radiativnega sevanja. Dejstvo je namreč, da so škodljivi učinki radioaktivnega sevanja približno sorazmerni prejeti dozi – kar je dokazano za razmeroma visoke in v kratkem času prejete doze. O dejanskih vplivih nizkih in dolgotrajnih doz sevanj na človekovo zdravje in dedne lastnosti še nimamo zanesljivih podatkov.

4.4.2 Nadzorni programi

Za zaščito prebivalstva pred sevanji na državni ravni poteka v Sloveniji tako imenovani Republiški nadzorni program, s katerim spremljamo radioaktivnost zraka, vode, hrane in bivalnega okolja. Za jedrske objekte (NE Krško, eksperimentalni reaktor TRIGA v Brinju in še nedavno rudnik urana na Žirovskem vrhu) obstajajo posebni nadzorni programi; temeljijo na meritvah izpustov iz jedrskih objektov in na meritvah radioaktivnosti oziroma prisotnosti posameznih radionuklidov v njihovi okolici. Nadzorni program izvaja Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije, v NE Krško pa tudi Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost. [2]

5 RADIOAKTIVNO ONESNAŽEVANJE

5.1 KAJ JE RADIOAKTIVNO ONESNAŽEVANJE?

Radioaktivno onesnaženje ali radiološko onesnaženje (tudi s tujko ~ kontaminacija) je onesnaženje biosfere z radioaktivnimi snovmi. To so radioaktivne snovi na površinah, ali v trdnih snoveh, tekočinah ali plinih (tudi v človeškem telesu). Njihova prisotnost je nenamerna ali nezaželena. Kot pri drugih okužbah, se tudi radioaktivna kontaminacija nanaša samo na prisotnost nenamernih ali nezaželenih radioaktivnosti, in ne navaja obsega vključenih nevarnosti.

Radioaktivne snovi onesnažujejo vodo, tla in zrak, torej se vključujejo v biokemične cikle. Stroncij-90 je nevarna sestavina radioaktivnih padavin, saj se zlahka vgrajuje v biomaso rastlin in kopiči v zaporednih členih prehranjevalne verige. Znano je, da radioaktivno sevanje bolj škoduje razvitejšim organizmom.

Radioaktivno onesnaževanje najbolj prizadane živali, ki so zadnji člen v prehranjevalni verigi, ker v njih nakopičene radioaktivne snov dosežejo najvišje koncentracije. [8]

5.2 VIRI KONTAMINACIJE

Radioaktivna kontaminacija je običajno posledica razlitja ali nesreče med proizvodnjo ali uporabo radionuklidov (radioaktivnih izotopov) - nestabilno jedro, ki ima prekomerno energijo. Manj značilne so jedrske padavine, ki so distribucija radioaktivne kontaminacije zaradi jedrske eksplozije. Okužba se lahko pojavi iz radioaktivnih plinov, tekočin ali delcev. Na primer, če se radionuklidi rabljeni v medicini razlijejo, bi se lahko širili med ljudi. Radioaktivna kontaminacija je lahko tudi neizogiben rezultat določenih procesov, kot je izpust radioaktivnega ksenona pri predelavi jedrskega goriva. V primerih, da se razlita radioaktivna snov ne more zadržati, jo lahko razredčimo na sprejemljivo koncentracijo. Z zadrževanjem preprečimo radioaktivnim snovem, da bi onesnažile okolje. Kontaminacija

ne vključuje preostalih radioaktivnih snovi, ki ostanejo po zaključku razgradnje radioaktivnih snovi. Iz tega razloga se radioaktivne snovi v zaprtih posodah ne uvrščajo med kontaminirane, čeprav je lahko stopnja sevanja enaka. Izvori radioaktivnega onesnaževanja so lahko tudi naravni (sevanje iz vesolja in kamnin) in sevanje iz snovi, ki jih proizvaja človek.

Najhujši primer radioaktivnega onesnaženja v novejši zgodovini je bila Černobilska nesreča, ko je po eksploziji jedrskega reaktorja blizu ukrajinskega mesta Černobil v ozračje ušlo več ton radioaktivnega prahu.



Slika7:Černobilska nesreča

[Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cernobilska_nesre%C4%8Da]

5.3 NIZKA STOPNJA KONTAMINACIJE

Nevarnosti za ljudi in okolje zaradi radioaktivne kontaminacije so odvisne od narave radioaktivnega onesnaževanja, ravni kontaminacije in obsežnosti širjenja kontaminacije. Nizke stopnje radioaktivnosti predstavljajo majhno tveganje, vendar jih je še vedno možno zaznati z instrumenti za merjenje sevanja. V primeru nizkostopenjske kontaminacije izotopov s kratko življenjsko dobo, jih je najbolje pustiti, da se sami razgradijo. Daljše živeče izotope je potrebno očistiti in pravilno odstraniti, saj je lahko tudi zelo nizka stopnja radiacije življenjsko nevarna, če smo ji izpostavljeni daljši čas.

5.4 VISOKA STOPNJA KONTAMINACIJE

Visoke stopnje kontaminacije kontaminacije lahko predstavljajo večje tveganje za ljudi in okolje. Ljudje so lahko izpostavljeni potencialno smrtni ravni sevanja, zaradi širjenja okužbe po nesreči (ali namerni povzročitvi), ki vključuje velike količine radioaktivnih snovi. Biološki učinki zunanjih izpostavljenosti radioaktivni kontaminaciji so na splošno enake kot tiste iz zunanjega vira sevanja, ki ne vključujejo radioaktivnih snovi (rentgenski aparati), in so odvisni od absorbirane doze. [7]

5.5 NAČINI IZPOSTAVLJENOSTI RADIOAKTIVNEMU SEVANJU

V primeru večje nesreče v jedrski elektrarni, lahko radioaktivni oblak povzroči neposredno in posredno izpostavljenost sevanju. Ljudje, ki se s takšnim oblakom srečajo so v neposredni nevarnosti zaradi doze, ki jo prejmejo od zunanjega sevanja, in zaradi vdihovanja radioaktivnih delcev. Obstaja pa tudi posredna nevarnost vdihavanja usedlih in ponovno usedlih radioaktivnih delcev ter vnosa radioaktivnih snovi, ki se razširijo preko prehranjevalne verige.

Radioaktivne snovi se prav tako razširjajo preko vode. Kontaminirana je lahko podzemna voda in tudi reke ter morja. Obenem radioaktivne snovi potujejo s pomočjo padavin, kar

lahko pogosto povzroči akumulacijo radioaktivnih snovi, kjer se voda zbira. Radioaktivne snovi lahko iz vode vstopijo v prehranjevalno verigo, na primer preko živali in rib oziroma preko korenin rastlin in dreves.

Izpostavljenost sevanju in posledično tveganje za zdravje sta odvisna od več faktorjev. Za otroke (še posebej mlajše) in nosečnice je potencialno tveganje za zdravje večje zaradi občutljivosti razvijajočih se celic v njihovih telesih, zato je za njih previdnost še posebej pomembna. [2]

Doza (rad)	Biološki vpliv	Preživelost
50-100	Rahla slabost	100 %
100-200	Simptomi poškodbe kostnega mozga, zmerna slabost	> 90 %
200-300	Rahla do zmerna poškodba kostnega mozga, slabost	LD _{5/60}
350-550	Zmerna poškodba kostnega mozga, močna slabost	Smrt v 24-42 dneh
550-750	Velike poškodbe kostnega mozga, močna slabost, poškodbe črevesja	Smrt v 14-21 dneh
750-1000	Poškodbe kostnega mozga in črevesja	Smrt v 7-17 dneh
1000-2000	Slabost, začetni znaki neprištevnosti, hude poškodbe črevesja	Smrt v 5-12 dneh
2000-3000	Kardiovaskularne poškodbe	Smrt v 2-5 dneh

Tabela 2: Vpliv doze na biološki vpliv ter preživelost

6 RADIOAKTIVNI ODPADKI

Radioaktivni odpadki so snovi, katerih uporaba ni več možna ali smiselna, njihova specifična aktivnost pa presega zakonsko določeno mejo. Radioaktivne odpadke delimo v tri skupine glede na stopnjo njihovo radioaktivnosti, to je nevarnosti ljudem. [5]

6.1 NIZKO RADIOAKTIVNI ODPADKI

Nizko radioaktivni odpadki (NRAO) z beta in gama sevalci imajo v skladu z zakonodajo specifično aktivnost od 10^8 do $5 \times 10^9 \frac{Bq}{m^3}$. Pri delu z njimi in njihovim prevozom ni potrebno posebej skrbeti za zaščito pred sevanjem, vendar moramo povsem preprečiti njihovo sproščanje v okolje. Nizko radioaktivni odpadki so različni filtri, papir, rokavice, delovne obleke, prevleke za čevlje, stekleno posodje in podobni predmeti, ki so se onesnažili med uporabo radioaktivnih snovi ali pri delu z njimi v medicini, raziskovalni dejavnosti ali jedrskih elektrarnah. Ljudem bi bili tovrstni RAO nevarni le, če bi ob njih živeli več let brez kakršne koli zaščite; zlasti bi bilo nevarno, če bi deli teh odpadkov po takšni ali drugačni poti prišli v človekovo prehranjevalno verigo.

6.2 SREDNJE RADIOAKTIVNI ODPADKI

Srednje radioaktivni odpadki (SRAO) z beta in gama sevalci imajo specifično aktivnost od 5×10^9 do $5 \times 10^{14} \frac{Bq}{m^3}$. Pri delu z njimi se je potrebno radiološko zavarovati, saj se v neposrednem stiku z njimi ni priporočljivo zadrževati niti krajši čas. Večina srednje radioaktivnih odpadkov nastane med obratovanjem jedrskih elektrarn. Mednje sodijo tudi izrabljeni viri za medicinsko terapijo in preiskave materialov v industriji.

6.3 VISOKO RADIOAKTIVNI ODPADKI

Visoko radioaktivni odpadki (VRAO) oddajajo ionizirajoče sevanje z visoko energijo. Njegova specifična aktivnost je večja od $5 \times 10^{14} \frac{Bq}{m^3}$. Mednje prištevamo predvsem izrabljeno jedrsko gorivo in ostanke njegove predelave, če se država odloči za predelavo goriva. Ker se poleg radioaktivnega sevanja iz goriva sproša tudi razmeroma veliko toplotne energije, ki nastaja pri radioaktivnem razpadu, ga moramo hladiti. Izrabljeno jedrsko gorivo najprej za več let shranijo v posebnih bazenih, napoljenih z vodo, ki zagotavlja radiološko zaščito in hkrati hladi izrabljene gorivne elemente. Izrabljeno gorivo je shranjeno v bazenih ob jedrskih elektrarnah vsaj toliko časa, da se aktivnost umanjša na vrednost, ki dovoljuje predelavo ali odlaganje. [6]

7 VIRI IN LITERATURA

1. Mednarodna agencija za atomsko energijo. Kriteriji za ukrepanje v primeru izrednih dogodkov z jedrskimi snovmi ali radioaktivnim sevanjem. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije; Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, 1999
2. Mednarodna agencija za atomsko energijo. Varstvo pred sevanjem in varnost virov sevanja. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, 1997
3. Rožman Robert. Temeljna znanja iz jedrske tehnike. Krško: Zavod Neviodunum, 2009
4. Rožman Robert. Reaktorska sredica. Krško: Zavod Neviodunum, 2010
5. Stritar Andrej. Radioaktivni odpadki: z znanjem proti strahu. Ljubljana: Agencija za radioaktivne odpadke Slovenije, 1997
6. Stritar Andrej. Radioaktivni odpadki: vodnik za novinarje. Ljubljana: Agencija za radioaktivne odpadke Slovenije, 1998
7. Wahlström Björn. Spoznajmo radioaktivnost. Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, 1998
8. http://sl.wikipedia.org/wiki/Radioaktivno_onesna%C5%BEenje [27.11.2013]



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

RAZŠIRJANJE DIMNIH PLINOV PO OZRAČJU

Seminarska naloga pri predmetu Prenosni pojavi v okolju

Študentka: Rebeka SIRC
Vpisna številka: S1018075
e-naslov: rebeka.sirc@gmail.com
Študijski program: univerzitetni študijski program 1. stopnje
Tehniško varstvo okolja
Mentor: dr. Jure Ravnik

Maribor, januar 2014

KAZALO

1	UVOD	3
1.1	Opis področja	3
1.2	Cilji seminarske naloge	3
2	DIMNI PLINI	4
2.1	Sestava dimnih plinov	4
2.1.1	Dušikovi oksidi	4
2.1.2	Ogljikov monoksid	6
2.1.3	Ogljikov dioksid	7
2.1.4	Ozon	8
2.1.5	Žveplove spojine	10
2.1.6	Trdi delci	10
3	RAZŠIRJANJE DIMNIH PLINOV PO OZRAČJU	12
3.1	Meteorologija in samočistilnost atmosfere	12
3.1.1	Osnovni tipi razprševanja nečistoč iz dimnika	14
3.1.2	Efektivna višina dimnika	17
3.1.3	Tipi atmosferske stabilnosti po Pasquillu	20
4	SKLEP	21
	<i>Literatura</i>	23

1 UVOD

1.1 Opis področja

Seminarska naloga obravnava problem razširjanja dimnih plinov po ozračju. Dimni ali izpušni plini nastajajo pri izgorevanju goriv: zemeljskega plina, bencina, kurilnega olja, premoga, komunalnih odpadkov, lesa, biomase...

Pri razširjanju dimnih plinov po ozračju je pomembno, da poznamo meteorologijo.

1.2 Cilji seminarske naloge

Cilj seminarske naloge je predstavitev dimnih plinov in njihove koncentracije v Sloveniji, ter njihovo razširjanje po ozračju. Razširjanje dimnih plinov po ozračju je odvisno od razmer v atmosferi, katere opišemo s pomočjo stabilnostnih razredov. Pri obravnavanju problematike razširjanja onesnaževanja po ozračju je potrebno poznati tudi efektivno višino in tipe razprševanja nečistoč iz dimnika oziroma tipe dimnih zaves.

2 DIMNI PLINI

Pojem »produkti zgorevanja« obsega vse snovi, ki so pri zgorevanju nastale, skupaj z zgorevalnim zrakom. Plinasti produkti zgorevanja so dimni plini. Iz 1 kg gorljive mase goriva, ki za zgorevanje porabi m_z zraka, nastane m_{dp} dimnih plinov:

$$m_{dp}=1+m_z \text{ [kg/kg]}$$

kjer je:

m_{dp} masa dimnih plinov,

m_z masa zraka.

Dimni plini so plinska zmes, ki jo sestavljajo naslednje komponente: CO_2 , SO_2 , N_2 , H_2O in zrak. Sestava dimnih plinov iz trdnih ali tekočih goriv se razlikuje. [3]

2.1 Sestava dimnih plinov

Največji delež dimnih plinov predstavljajo dušik, vodna para in ogljikov dioksid. Ti niso strupeni ali škodljivi za zdravje, čeprav so toplogredni plini in povzročajo segrevanje ozračja. Majhen delež dimnih plinov pa predstavljajo ogljikov monoksid, ogljikov vodik, dušikov oksid, ozon ter trdi delci. [8]

2.1.1 Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi so skupina onesnaževalcev zraka, ki nastajajo pri izgorevanju goriv in reakcijah v ozračju po izgorevanju. Ponekod jih skupaj imenujejo NOX. Dušikovi oksidi škodujejo zdravju neposredno, v okolju pa spodbujajo nastajanje prizemnega ozona. Dušikov oksid, ki je raztopljen v vodi megle, dežja ali snega, se spreminja v dušikovo kislino in

poškoduje okolje kakor »kislil dež«. Dušikov oksid je rumeno rjav plin, ki daje značilno barvo smogu. [4]

Pri zgorevanju najprej nastaja NO, takoj zatem pa del nastalega NO reagira s kisikom pri čemer je produkt reakcije NO₂. Na osnovi reakcij dušika in kisika pri povišanih temperaturah nastaja »termični NO«, katerega nastanek je moč omejiti z zmanjšanjem temperature zgorevanja, s skrajšanjem časa nahajanja reaktantov v področju visokih temperatur in z zmanjšanjem presežka zraka. Na osnovi reakcij ogljikovodikovih radikalov nastaja zgodnji NO.

Pri zgorevanju trdih goriv (premog) prihaja do izhlapevanja gorljivih substanc, med katerimi so dušikove spojine (NH₃, HCN in C₂N₂). Glede na hitrost zgorevanja, končne temperature in vrste samega goriva, se izloča od 20 do 80% v gorivu vsebovanega dušika v obliki hlapljivih spojin. Tako nastali NO imenujemo tudi »gorljivi« NO. [7]

Onesnaženi mestni zrak je najpomembnejši izvor izpostavljanja NO. Največje koncentracije dušikovih oksidov nastanejo pri atmosferskih inverzijah. [7]

Učinki na zdravje

NO₂ je najbolj strupen dušikov oksid, saj draži pljuča. NO_x povzročajo simptome le ob skrajno velikih koncentracijah. Koncentracije v zraku zunanjega okolja so redko tako visoke, da bi bile smrtno nevarne, včasih se to zgodi le pri poklicnem izpostavljanju.

Manjše koncentracije dušikovih oksidov so nevarne le pri dolgotrajnejšem izpostavljanju. Občutljive skupine so predvsem otroci, astmatiki in ljudje s kroničnim bronhitisom. [4]

Učinki na okolje

Dušikovi oksidi škodujejo okolju, največjo škodo dela dušikova kislina. Posledica je zakisanost in izgubljanje puferskih zmogljivosti sladkih vod ponekod na svetu (npr. Kanada). Posledice so bili pomori rib in drugih vodnih živali. Kisel dež poškoduje tudi gozdove, stavbe... [4]

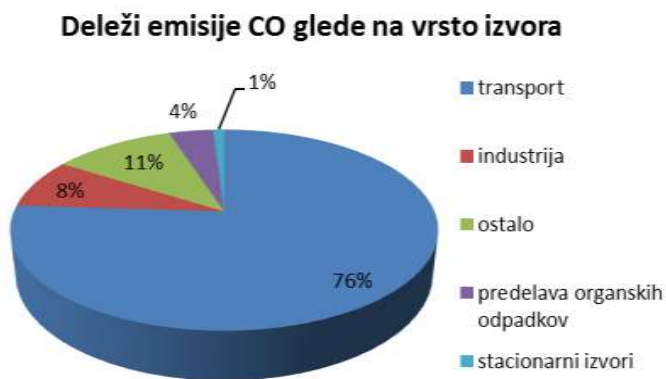
Letna mejna vrednost NO_2 je vrednost, ki je pomembna za zaščito zdravja ljudi, in znaša $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mejna vrednost NO_x , pa je vrednost, ki je predpisana za zaščito vegetacije, in znaša $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dnevna mejna vrednost NO_x znaša $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V Sloveniji mejne vrednosti niso presežene. [1], [2], [9]

2.1.2 Ogljikov monoksid

Ogljikov monoksid CO, je strupen plin, ki ga oddajajo avtomobili v izpuhkih in drugi izvori ob izgorevanju. Plin lahko doseže smrtno nevarne koncentracije v zaprtih prostorih. Cigarettni dim in gost promet pomenita najpomembnejše izpostavljanje javnosti. CO je povzročil že številne kronične zastrupitve, nekajkrat več kot ostali strupi. Skoraj vedno so bile vzrok pomanjkljive naprave (kuhalniki, štedilniki, peči) na domu.

Ogljikov monoksid ne draži in je brezbarven plin brez okusa in vonja. Nastaja pri nepopolnem izgorevanju organskih spojin (les, bencin, tobak) in odhaja iz izpušnih cevi avtomobilov, dimnikov in peči na drva. CO škoduje, saj telesu jemlje kisik. Vdihan CO se veže na hemoglobin in zamenja kisik. Ovira tudi sproščanje kisika v tkivo.

Koncentracije CO so večje pozimi kot poleti, to je posledica kurjenja za ogrevanje. Ogromno ga nastaja tudi pri gozdnih požarih in prometu. [4]



Slika 1: Delež emisije CO glede na vrsto izvora. [7]

V tabeli 1 so prikazane dnevne koncentracije (maksimalne 8 urne koncentracije) CO v zraku, na posameznih merilnih mestih, na dan 13. december 2013.

Tabela 1: Koncentracije CO v zraku na dan 13. december 2013. [9]

Merilno mesto	CO [mg/m ³]
maksim. 8-urna vrednost	
Ljubljana	1.4
Maribor	0.8
Trbovlje	1.9
Krvavec	0.1
Mejna vrednost	10

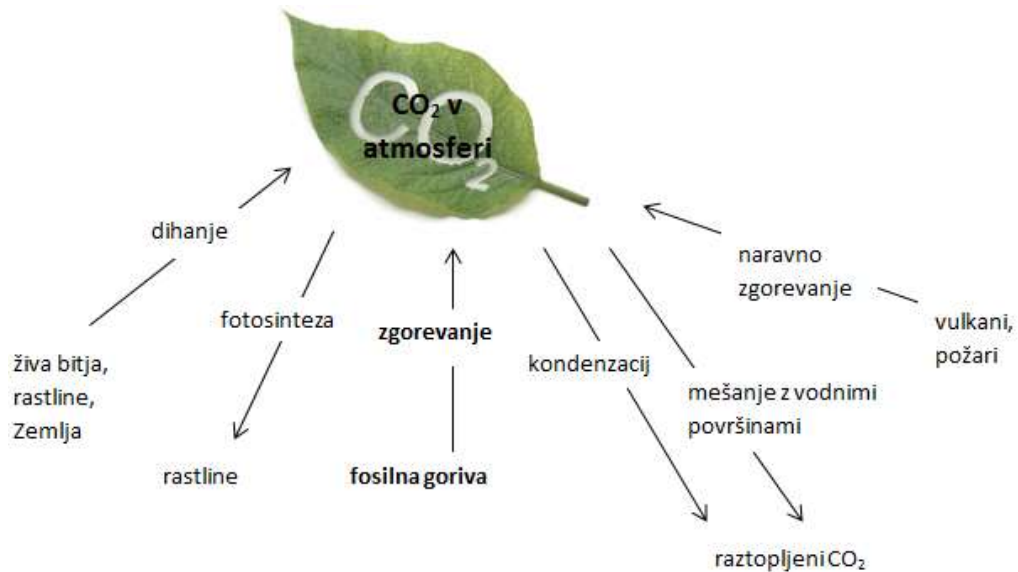
V Sloveniji nimamo težav s previsokimi koncentracijami CO, saj so pod mejnimi vrednostmi.

2.1.3 Ogljikov dioksid

Ogljikov dioksid CO₂ dolgo časa ni veljal za toksično sestavino atmosferskih onesnaževal, saj je tipični predstavnik popolne naravne in umetne oksidacije, vendar pa je dolgoročno gledano CO₂ eden najnevarnejših onesnaževal, saj ima velik vpliv na okolje, človeka in ostala živa bitja.

V zvezi z analizo onesnaževanja atmosfere s CO₂, so aktualni problemi:

- velike emisije CO₂, kar pomeni naraščanje splošne imisije v atmosferi (»učinek tople grede«),
- nepopolno poznavanje toka transformacij CO₂ v sistemu atmosfere, oceanov in biosfere (rezervoarji CO₂),
- vpliv CO₂ na ravnotežje Zemlje, ki je zelo kompleksno in spremembe vplivajo na klimatske spremembe. [7]



Slika 2: Prehodi ogljikovega dioksida v atmosferi. [7]

Največji izvor CO_2 v atmosferi, kar 90%, predstavljajo procesi zgorevanja organskih oziroma fosilnih goriv. Izpuste CO_2 lahko omejimo z zmanjšanjem porabe goriv, z uporabo goriv z nižjo vsebnostjo ogljika, z zmanjševanjem uporabe fosilnih goriv.[7]

2.1.4 Ozon

Ozon O_3 je poglavitna sestavina smoga in povzroča ponekod po svetu najhujše onesnaženje zraka. Ozon v zgornjih plasteh ozračja vsrkava škodljivo UV sevanje in nas varuje pred kožnim rakom. V spodnjih plasteh ozračja pa ozon neugodno vpliva na zdravje, škoduje gozdovom in poljščinam.

Ozon je v nasprotju z drugimi onesnaževalci zraka sekundaren onesnaževalec. Ozona ni neposredno v emisijah, temveč nastaja iz drugih onesnaževalcev. Emisije NO prispevajo pri nastajanju ozona. Koncentracije ozona so manjše na področjih z intenzivnimi emisijami NO_x , kakor je v mestnih središčih z gostim prometom. Količine ozona so odvisne od koncentracij in emisij predhodnih onesnaževal, temperature in sončnega sevanja. Na krajih kjer so

temperature visoke in je sončno sevanje intenzivno je koncentracija ozona višja kot na krajih z nižjo temperaturo in malo sončnega sevanja. Razmere so slabše poleti, kot pozimi.

Emisije predhodnikov prihajajo iz različnih virov, zato jih težko nadzorujemo. Poglavitni viri so avtomobilski izpuhi, bencinske črpalke, elektrarne, čistilnice, kemične tovarne, rafinerije nafte in podjetja, ki uporabljajo velike količine topil. [4]

V tabeli 2 so predstavljene maksimalne urne in maksimalne osem urne koncentracije ozona, glede na posamezna merilna mesta, na dan 13.12.2013.

Tabela 2: Dnevne koncentracije ozona, na dan 13.12.2013. [9]

Merilno mesto	O ₃ [µg/m ³]	
	maksim. urna vrednost	maksim. 8-urna vrednost
Ljubljana	7	4
MB Vrbanski plato	11	7
Celje	5	5
Murska Sobota	12	10
Nova Gorica	19	13
Otlica	97	93
Koper	5	7
Trbovlje	6	5
Zagorje	4	4
Hrastnik	7	5
Iskrba	67	51
Krvavec	106	103
Mejna vrednost	180	120

Koncentracije ozona v Sloveniji pozimi niso presežene.

2.1.5 Žveplove spojine

Žveplove spojine prihajajo v ozračje preko vulkanskih aktivnosti ali pa so posledica zgorevanja fosilnih goriv, ki vsebujejo žveplo. Največje količine SO₂ nastajajo pri zgorevanju premoga, nekaj pri zgorevanju naftnih derivatov, pri procesih rafiniranja nafte in pri taljenju rud.

Žveplove spojine so nevarne, saj v ozračju reagirajo z vodno paro in vodnimi kapljicami. Onesnaževanje ozračja z žveplom oziroma njegovimi spojinami je resno, največ pozornosti namenjamo SO₂ in njegovi transformaciji v žvepleno kislino. [7]

V tabeli 3 so predstavljene dnevne in maksimalne urne vrednosti SO₂ v ozračju, na posameznih merilnih mestih, na dan 14.12.2013.

Tabela 3: Dnevne in maksimalne urne koncentracije SO₂, na dan 14.12.2013. [9]

Merilno mesto	SO ₂ [µg/m ³]	
	dnevna vrednost	maksim. urna vrednost
Ljubljana	8	22
Celje	7	12
Trbovlje	5	6
Zagorje	3	4
Hrastnik	6	8
Mejna vrednost	125	350

V Sloveniji nimamo težav s previsokimi koncentracijami SO₂ v ozračju.

2.1.6 Trdi delci

Delci v atmosferi so definirani kot trdni ali kapljeviti skupki, katerih povprečni premer je večji od premera ene molekule (okoli 0,002 µm) in manjši od okoli 500 µm. Delci v ozračju so naravnega in umetnega izvora. Delci naravnega izvora so prah (puščavski pesek), delci, ki so nastali pri fotokemijskih reakcijah med plini, delci, ki nastanejo pri vulkanskih aktivnostih in delci morske soli. Umetnega izvora so delci, ki so nastali pri različnih procesih zgorevanja (saje, leteči pepel...), delci različnih industrijskih procesov, delci, ki so nastali pri

fotokemijskih reakcijah med nezgorelimi in delno zgorelimi fosilnimi gorivi in dušikovimi oksidi. [7]

Znani izvori umetno ustvarjenih delcev v atmosferi so: motorna vozila, dimniki tovarn, ognjišča na drva, gradbena dejavnost, rudarstvo, poljedelstvo.

Manjši kot so delci, bolj so nevarni za zdravje, saj potujejo globlje v pljuča. [7]

V tabeli 4 so predstavljene dnevne vrednosti koncentracij delcev PM10, za 13.12.2013.

Tabela 4: Dnevne koncentracije delcev PM10, na dan 13.12.2013. [9]

Merilno mesto	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	dnevna vrednost
Ljubljana	35
Maribor	39
Celje	49
Murska Sobota	38
Nova Gorica	54
Koper	57
Trbovlje	32
Zagorje	42
Mejna vrednost	50

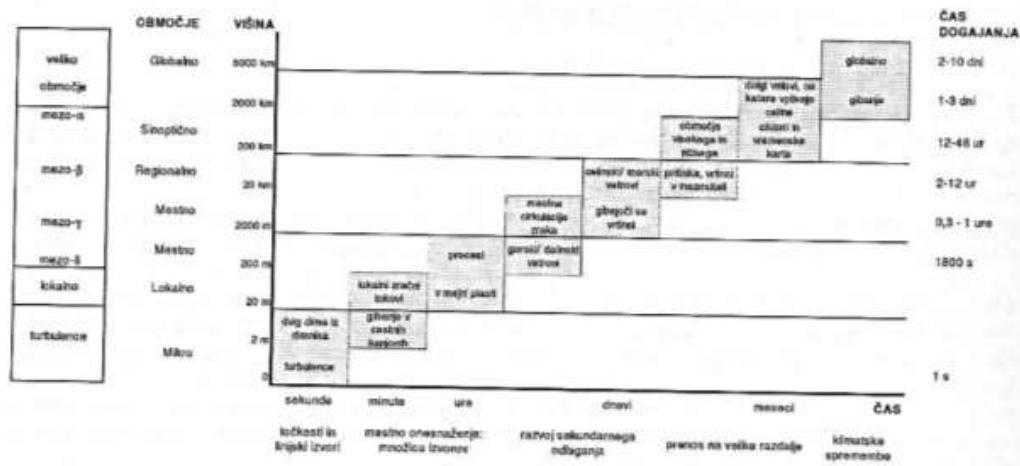
V Sloveniji imamo težave z delci PM10 v zraku, saj so vrednosti pogosto presežene.

3 RAZŠIRJANJE DIMNIH PLINOV PO OZRAČJU

3.1 Meteorologija in samočistilnost atmosfere

Ko plini ali delci vstopajo v atmosfero iz različnih virov, se po njej razširjajo, to imenujemo atmosferska disperzija. Obnašanje onesnaževal je praktično nemogoče napovedati, saj nanje vplivajo zapleteni sistemi. To so predvsem parametri vira, vremenske razmere (meteorologija) in kemijski procesi v ozračju. [7]

Na sliki 3 je predstavljen časovni in prostorski obseg atmosferskih procesov, ki se nanašajo na prenos (transport), disperzijo (razpršitev) in odlaganje (depozicijo) onesnaženega zraka. [7]



Slika 3: Časovni in prostorski obseg atmosferskih procesov, ki se nanašajo na disperzijo, transport in depozicijo onesnaženega zraka. [7]

Meteorološki parametri, kot so hitrost in smer vetra, temperatura in relativna vlažnost zraka, padavine, oblačnost, sončno obsevanje in zračni pritisk, opredeljujejo vreme na določenem (manjšem ali večjem) območju atmosfere v določenem času. [7]

V mestnih območjih so običajno nad tlemi tri plasti zraka:

- pritalna plast (do višine 2 m): tukaj so drugačne meteorološke in klimatske razmere kot v višjih plasteh, ta plast je najbolj aktivna pri izmenjavi toplote (zemlja-zrak), ta

plast je tudi glavni vir vodne pare, ki prehaja v ozračje, je tudi glavni vir prahu in drugih plinov (iz Zemljine notranjosti, dimni plini),

- druga plast (do 20 m) vsebuje dimne pline iz kurišč,
- tretja plast (od 20 do 50-60 m): v njej se širi onesnažen zrak iz industrijskih virov. [7]

Ko se onesnaževalo pojavi v prizemni plasti atmosfere, kjer zrak služi za življenje živih bitij, govorimo o onesnaženosti zraka oziroma o imisijskem stanju zraka. [7]

Samočistilno sposobnost atmosfere izkoriščamo v vseh primerih onesnaževanja, kjer niso uporabljeni postopki izločanja nečistoč na izvoru. Lokalno samočistilno sposobnost atmosfere lahko bistveno povečamo z redčenjem, to pomeni, da moramo emitirane nečistoče čim bolj enakomerno razpršiti v ozračje, to pa zahteva določen tehnološki pristop. Atmosfersko razprševanje je potrebno tudi v primerih izpustov očiščenih dimnih plinov, saj bi lahko imele velike koncentracije sicer neškodljivih spojin prav tako negativen vpliv na okolico. [7]

Tehnologija atmosferskega onesnaževanja je zasnovana na poznavanju meteorologije. Uporaba dimnikov je nujna v vseh primerih, kadar ni možno izpolniti naravnega razprševanja atmosferskih nečistoč. Poznavanje meteorologije pri reševanju problemov zračnega onesnaževanja je nujno potrebno, še posebej pomembna je mikro-meteorologija, ki zajema proučevanje manjših atmosferskih področij, v primeru razširjanja dimnih plinov - v okolici dimnika. [7]

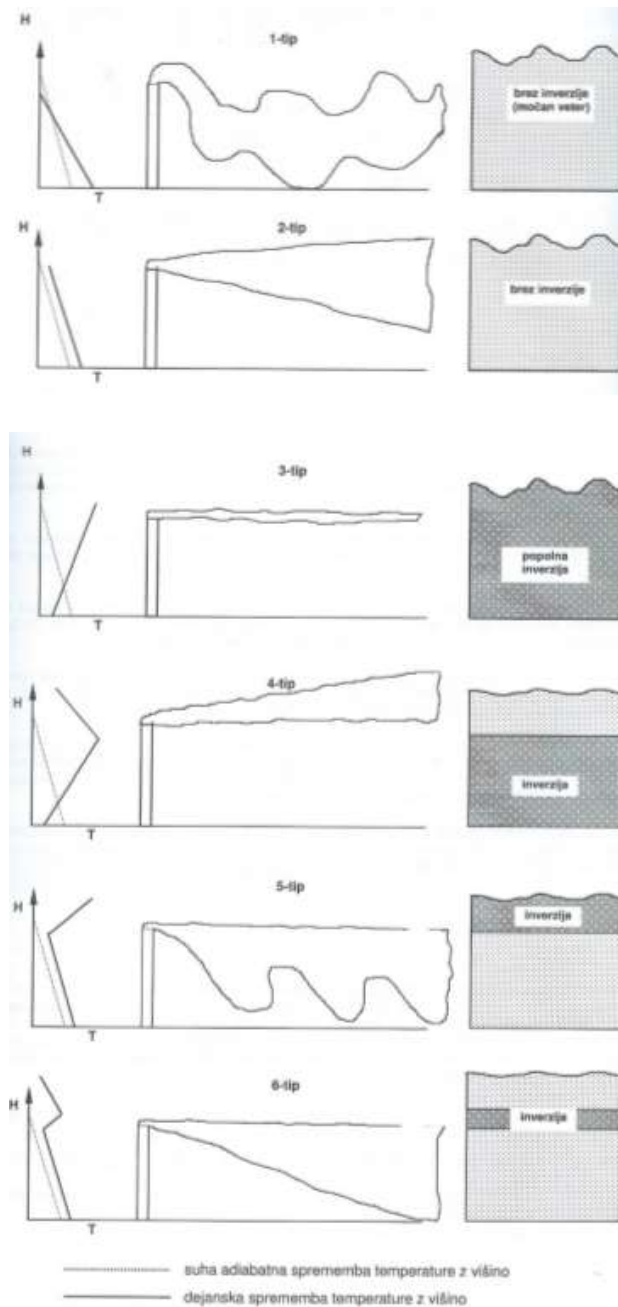
Prenos nečistoč v atmosferi delimo na vertikalno in horizontalno. Kombinacija obeh omogoča transport nečistoč v različnih smereh, kar je močno pogojeno s stabilnostjo atmosfere. Pomemben dejavnik pri prenosu nečistoč v vertikalni smeri je višinska sprememba temperature. [7]

Horizontalni transport nečistoč je funkcija vetrov, intenzitete turbulence zračnih mas. [7]

3.1.1 Osnovni tipi razprševanja nečistoč iz dimnika

Če opazujemo dim, ki zapušča dimnik, v okoliškem zraku, je znano, da je stopnja razprševanja v največji meri odvisna od hitrosti vetra, vertikalnega temperaturnega gradienta in turbulentne strukture vetra. Glede na obliko razprševanja ločimo šest osnovnih tipov razprševanja pri različnih atmosferskih stanjih (tipi so prikazani na sliki 4):

- 1-tip razprševanja nastaja pri nadadiabatni (nestabilni) spremembi, bočnem vetru in sončnem sevanju, pri čemer nastajajo vrtinčna gibanja zračnih tokov. Ob tem v nižjih plasteh, pri zemlji, vlada relativna temperaturna nestabilnost. V takih primerih lahko veliki vrtinci prinašajo nečistoče do zemeljske površine.
- 2-tip nastaja, ko je ozračje stabilno, piha pa bočni veter. Prihaja do manjšega prepletanja vertikalnega in horizontalnega gibanja zračnih tokov.
- 3-tip nastaja, v primeru inverzije (ko temperatura z višino narašča). Razprševanje poteka v horizontalni smeri, zaradi pihanja vetra, brez vertikalnega mešanja zračnih tokov. Ta tip je pogost ponoči, ko piha blagi veter, nebo pa je jasno.
- 4-tip nastaja, ko je stanje atmosfere stabilno v nižjih plasteh ozračja, nad njimi pa vlada nadadiabatna sprememba stanja. Ta tip je pogost v predvečernih urah, dim ne more prodreti v nižje plasti.
- 5-tip nastaja, kadar je atmosfersko stanje v nižjih plasteh pri zemlji nestabilno, nad njimi pa je inverzna plast. Nestabilne razmere v plasteh pri zemlji so posledica sončnega sevanja, ta tip je značilen za zgodnje jutranje ure po mirni noči, pri blagem vetru in vedrem nebu.
- 6-tip je podoben 5-tipu, ker se razprševanje odvija pod inverzno plastjo, dim se po določeni oddaljenosti od dimnika stika z zemeljsko površino, medtem ko je to v prejšnjem primeru samo občasen pojav. [7]



Slika 4: Osnovni tipi razprševanja nečistoč iz dimnika. [7]

Bolj kot je atmosfera stabilna, ožji je stožec dimne zastave, večje so koncentracije znotraj nje: visoke koncentracije povzročajo škodo, na primer ožige vegetacije, če zadenejo ob poraščen hrib. Inverzija nad efektivno višino dimnika (opisana v poglavju 3.1.2 Efektivna

višina dimnika, na strani 17) prisili dimne pline, da ostanejo pri tleh, obratno pa, če je inverzija spodaj, primes iz visokega dimnika ne more proti tlom. [5]

3.1.1.1 Primeri tipov razprševanja dimnih plinov (dimnik kopališča Pristan)



Slika 5: Na sliki je prikazan 2-tip razprševanja dimnih plinov (stabilno ozračje).



Slika 6: Nas sliki je prikazan 5-tip razprševanja dimnih plinov (slikano zgodaj zjutraj po mirni noči, inverzija).

3.1.2 Efektivna višina dimnika

Dim, ki se dviguje iz dimnika ima navadno visoko temperaturo. Na podoben način, kot se z vzgonom dviguje vroč zrak, se dvigajo tudi dimni plini. Dim ima ob izstopu iz dimnika določeno hitrost v vertikalni smeri. Povišana temperatura in izstopna hitrost dima povzročita, da se dim takoj nad dimnikom navpično dviga, šele nekaj nad dimnikom pride opaznega vpliva vetra. Višina do katere se dim giba večinoma v navpični smeri, imenujemo efektivna višina dimnika. [6]

Efektivna višina dimnika H je podana z naslednjim izrazom:

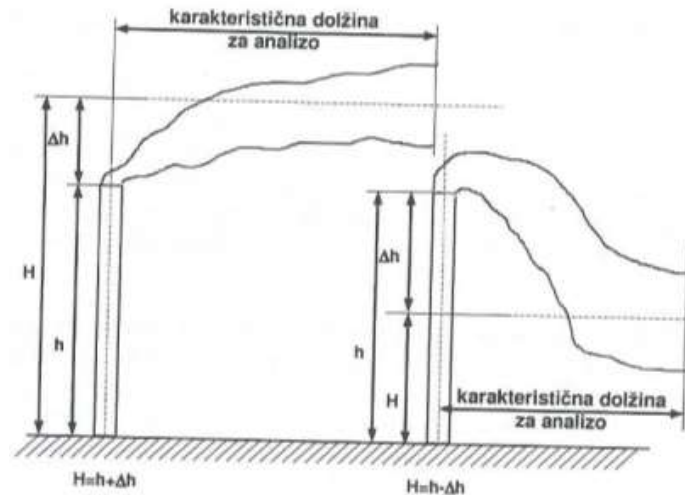
$$H = h \pm \Delta h$$

kjer je:

h geometrijska višina dimnika,

Δh višina termičnega gibanja dimnih plinov.

Upoštevanje pozitivnega ali negativnega predznaka je pojasnjeno na sliki 7.



Slika 7: Efektivna višina dimnika. [7]

Termično višino gibanja dimnih plinov izračunamo na več načinov. Na sliki 8 so predstavljeni izrazi za izračun Δh , posamezne oznake pa imajo naslednji pomen:

d [m]..... notranji premer dimnika,

v [m/s]..... hitrost iztekanja dimnih plinov iz dimnika,

p [mbar]..... atmosferski tlak,

Q [kW]..... moč kurišča,

$\Delta T = T - T_z$ [K]..... temperaturna razlika med temperaturo dimnih plinov v dimniku in temperaturo okoliškega zraka,

$\Delta \theta / \Delta z$ [K/m]... vertikalni temperaturni gradient. [7]

Št.	Avtor oz. stanje atmosfere	Izraz za Δh [m]	Št.	Avtor oz. stanje atmosfere	Izraz za Δh [m]
1	Holland	$\frac{vd}{u} \left[1,5 + \left(2,66 \times 10^{-3} \rho \frac{\Delta T d}{T} \right) \right]$	8	Davidson in Bryant	$d \left(\frac{v}{u} \right)^{1,4} \left(1 + \frac{\Delta T}{T} \right)$
2	Stumke	$\frac{1}{u} \left[1,4 v d + 65 \sqrt{d^3} \sqrt{\frac{\Delta T}{T}} \right]$	9	SAE - Society of American Engineers	$d \left(\frac{v}{u} \right)^{1,4}$
3	Concawe 1	$1,12 \left(\frac{Q^{0,58}}{u^{0,7}} \right)$	10	SAE - za nevtralno in nestabilno atmosfero	$1,36 \left(\frac{Q}{u^3} \right)$
4	Concawe 2	$2,7 \left(\frac{\sqrt{Q}}{u^{0,75}} \right)$	11	SAE - za stabilno atmosfero	$0,417 \sqrt[3]{\frac{QT_z}{ug} \left(\frac{1}{\Delta \theta / \Delta z} \right)}$
5	Lucas, Moore in Spurr	$94,4 \left(\frac{Q^{0,25}}{u} \right)$	12	Moses in Karson - nestabilna atmosfera	$-0,029 \frac{vd}{u} + 2,62 \frac{\sqrt{Q}}{u}$
6	Rauch	$33 \left(\frac{Q^{0,25}}{u} \right)$	13	Moses in Karson - stabilna atmosfera	$-\frac{1,04 vd}{u} + \frac{2,23 \sqrt{Q}}{u}$
7	Stone in Clark	$(72,85 + 0,119 h) \frac{Q^{0,25}}{u^{0,75}}$			

Slika 8: Izrazi za izračun termične višine gibanja dimnih plinov. [7]

3.1.3 Tipi atmosferske stabilnosti po Pasquillu

Stabilnostni razredi glede na vremensko stanje določajo vrednosti turbulenčne difuzivnosti. [5]

Tip atmosferske stabilnosti izberemo v odvisnosti od hitrosti vetra, intenzivnosti sončnega sevanja in upoštevanja dnevne oziroma nočne emisije. [7]

Tabela 5: Tipi atmosferske stabilnosti po Pasquillu. [7]

Hitrost površinskega vetra [m/s]	Dan			Noč	
	Intenziteta sončnega sevanja				
	velika	srednja	nizka	pretežno oblačno	pretežno jasno
<2	A	A-B	B	-	-
2	A-B	B	C	E	F
4	B	B-C	C	D	E
6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

V tabeli 5 imajo posamezne črke naslednji pomen:

A..... ekstremno nestabilna,

B..... srednje nestabilna,

C..... rahlo nestabilna,

D..... nevtralna,

E..... rahlo stabilna,

F..... srednje stabilna. [7]

Razred A označuje ozračje z najmanjšo mero stabilnosti, razred F pa najbolj stabilno ozračje.

Oblak onesnaženja se bo torej v ozračju razreda F manj razširjal kot v ozračju stabilnosti A.

Razred D imenujemo naravni razred, ki ga uporabljamo ob oblačnem vremenu podnevi in ponoči. Definicija stabilnosti atmosfere je najbolj primerna za neurbana okolja, saj je v urbanih okoljih vpliv lokalnih pojavov večji. [6]

4 SKLEP

Dimni plini so plini, ki nastajajo pri izogrevanju različnih goriv. Dimni plini so sestavljeni iz dušikovih spojin, žveplovih spojin, ozona, trdnih delcev, zraka, vodne pare, ogljikovega dioksida in ogljikovega monoksida.

Razširjanje nečistoč po ozračju je odvisno predvsem od meteoroloških parametrov ozračja, ki opredeljujejo vreme na določenem delu atmosfere ob določenem času, ti pa so: hitrost in smer vetra, temperatura in relativna vlažnost zraka, padavine, oblačnost, sončno obsevanje in zračni pritisk.

Prenos nečistoč v atmosferi delimo na vertikalno in horizontalno. Kombinacija obeh omogoča transport nečistoč v različnih smereh, kar je močno pogojeno s stabilnostjo atmosfere. Pomemben dejavnik pri prenosu nečistoč v vertikalni smeri je višinska sprememba temperature. Horizontalni transport nečistoč pa je funkcija vetrov in intenzitete turbulence zračnih mas.

Če opazujemo dim, ki zapušča dimnik, v okoliškem zraku, je znano, da je stopnja razprševanja v največji meri odvisna od hitrosti vetra, vertikalnega temperaturnega gradienta in turbulentne strukture vetra. Glede na obliko razprševanja ločimo šest osnovnih tipov razprševanja (dimnih zaves) pri različnih atmosferskih stanjih. Bolj kot je atmosfera stabilna, ožji je stožec dimne zastave, večje so koncentracije znotraj nje.

Dim, ki prihaja iz dimnika ima višjo temperaturo kot okoliški zrak, zato se podobno kot vroč zrak, dvigajo z vzgonom tudi dimni plini. Povišana temperatura in izstopna hitrost dima povzročita, da se dim takoj nad dimnikom navpično dviga, šele nekaj nad dimnikom pride opaznega vpliva vetra. Višina do katere se dim giba večinoma v navpični smeri, imenujemo efektivna višina dimnika.

Stabilnostni razredi glede na vremensko stanje določajo vrednosti turbulenčne difuzivnosti. Tip atmosferske stabilnosti izberemo v odvisnosti od hitrosti vetra, intenzivnosti sončnega

sevanja in upoštevanja dnevne oziroma nočne emisije. Razred A označuje ozračje z najmanjšo mero stabilnosti, razred F pa najbolj stabilno ozračje.

Literatura

- [1] Bolte Tanja, Gjerek Mateja, Šegula Andrej, Koleša Tanja, Murovec Marjana, Lešnik Marinka, Turk Darko, Rode Bojan, Komar Zorana. *Ocena onesnaženosti zraka v Sloveniji za obdobje 2005-2009* [svetovni splet]. Ljubljana : ARSO, 2010. Dostopno na WWW:
http://www.arso.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Ocena_kakovost%20zraka2010.pdf [13.12.2013].
- [2] Koleša Tanja, Nježić Dijana. *Onesnaženost zraka z dušikovim dioksidom* [svetovni splet]. Ljubljana : ARSO, 2013. Dostopno na WWW:
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=578 [13.12.2013].
- [3] Kraut Bojan. *Krautov strojniški priročnik*, 15. slovenska izdaja / izdajo pripravila Jože Puhar, Jože Stropnik. Ljubljana : Littera picta, 2011.
- [4] Likar Miha. *Vodnik po onesnaževalcih okolja*. Ljubljana : ZSTI Slovenije, 1998.
- [5] Petkovšek Zdravko, Vrhovec Tomaž. *Zrak in onesnaženost, prvi del: Meteorologija*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo, 2000.
- [6] Ravnik Jure. *Matematično modeliranje pojavov v okolju*. Maribor : Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, 2012.
- [7] Samec Niko, Lobnik Aleksandra. *Okoljsko inženirstvo*. Maribor : Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, 2009.
- [8] Wikipedija : *Izpušni plini* [svetovni splet]. Dostopno na WWW:
http://sl.wikipedia.org/wiki/Izpu%C5%A1ni_plin [26.11.2013].
- [9] Zadnje urne in dnevne koncentracije onesnaževal [svetovni splet]. ARSO. Dostopno na WWW:
http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/dnevne_koncentracije.html [14.12.2013]



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Univerzitetni študijski program Tehniško varstvo okolja – 1. stopnja

Seminarska naloga pri predmetu

Prenosni pojavi v okolju

RAZŠIRJANJE NAFTE V MORJU

Avtor: Sara Krajnc

Vpisna št: S1017979

Mentor:izr. prof. dr. Jure Ravnik

Maribor, november 2013

1. Kazalo

1.1. Kazalo vsebine

1.	Kazalo	1
1.1.	Kazalo vsebine	1
1.2.	Kazalo slik	2
1.3.	Kazalo grafov	2
2.	Uvod	3
3.	NAFTA	4
3.1.	Vrste nafte	4
3.2.	Razlitje nafte.....	4
3.3.	Lastnosti	4
3.3.1.	<i>Gostota</i>	4
3.3.2.	Viskoznost.....	5
3.3.3.	Temperatura vrelišča.....	6
3.3.4.	Točka tečenja in točka strdišča.....	6
3.4.	Proces pri razlitju	6
3.4.1.	Mehansko širjenje	7
3.4.2.	Izhlapevanje ali evaporacija	7
3.4.3.	Emulzifikacija	8
3.4.4.	Disperzija	8
3.4.5.	Sedimentacija	8
3.4.6.	Raztapljanje	8
3.4.7.	Oksidacija.....	9
3.4.8.	Biorazgradnja.....	9
3.4.9.	Odlaganje na obalo.....	9
3.5.	Matematično modeliranje širjenja nafte.....	9
3.5.1.	Metode sledenja razliti nafte	10
3.5.2.	Model NAFTA3D	10
3.6.	Najhujša razlitja nafte.....	11
3.7.	Vpliv razlitja nafte na živa bitja.....	12
3.8.	Vpliv na življenje ljudi ob onesnaženih obalah.....	13
3.9.	Ukrepanje v primeru razlitja.....	13
3.9.1.	Preprečevanje širjenja olja	13
3.9.2.	Odstranjevanje nafte z vodne površine.....	14
4.	Zaključek.....	15
5.	Bibliografija.....	16
5.1.	Viri slik	16

1.2. Kazalo slik

Slika 1: Razlitje nafte [1]	4
Slika 2: Shematski prikaz procesov pri razlitju nafte [6].....	7
Slika 3: Sodček nafte [4]	11
Slika 4: Lokacije večjih naftnih nesreč [3].....	12
Slika 5: Razlitje nafte najbolj prizadene ptice [2]	13
Slika 6: Naftni madež na obali [3].....	13

1.3. Kazalo grafov

Graf 1: Razgradnja različnih tipov nafte glede na gostoto v odvisnosti od časa [1].....	5
Graf 2: Sprememba vikočnosti v odvisnosti od časa [1]	5
Graf 3: Proces pri razlitju nafte odvisnosti od časa [1].....	6

2. Uvod

Črno zlato, kot imenujemo nafto je gorivo dvajsetega stoletja. Z izkoriščanjem in črpanjem tega naravnega vira pa seveda bistveno vplivamo na okolje. Ko pomislimo na nafto imamo tako v mislih tudi nesreče tankerjev in naftnih ploščadi. Razlitja nafte in naftnih derivatov spadajo namreč med hujše okoljske nesreče, ki lahko prizadenejo morsko okolje. V seminarski bom predstavila večje nesreče, lastnosti nafte, ki vplivajo na širjenje in sam proces širjenja nafte. Omenila bom tudi posledice, ki jih ima takšna katastrofa na organizme in življenje na obali in v morju.

3. NAFTA

Nafta je gosta, oljnata, vnetljiva tekočina naravnega izvora. Nahaja se v zgornjih plasteh nekaterih delov Zemljine skorje. Nafta je danes zelo pomemben energetska in surovinski vir, ki se uporablja zlasti za pridobivanje tekočih goriv.

Surova nafta je zmes organskih in anorganskih spojin. Večje število je anorganskih spojin, med organskimi pa prevladujejo ogljikovodiki. [4]

3.1. Vrste nafte

- Parafinska nafta (v njej so predvsem nerazvejani alkani)
- Naftenska nafta (v njej so večinoma ciklični, nearomatski ogljikovodiki, kot so cikloalkani in cikloalkeni)
- Mešana nafta (v njej so nerazvejani alkani in nearomatiski ciklični ogljikovodiki)

3.2. Razlitje nafte

Izpust naftne tekočine v okolje imenujemo razlitje nafte. Izraz se nanaša na morskobno obliko razlitja predvsem kot posledica človekove dejavnosti. Razlitje je oblika onesnaževanja, v primeru ko pa pride do razlitja večjih količin pa govorimo o okoljski katastrofi.

Med razlitje nafte vključujemo izpuste surove nafte iz tankerjev, naftnih ploščadi, vrtnih ploščadi, vodnjakov kot tudi razlitje naftnih derivatov (bencin, dizelsko gorivo) in njihovih stranskih proizvodov.[6]



Slika 1: Razlitje nafte [1]

3.3. Lastnosti

Pri razlitju nafte običajno mislimo na surovo nafto, ki jo prevažajo s tankerji in črpajo na naftnih ploščadih. Ta se glede na lokacijo črpanja razlikuje po fizikalni in kemijski sestavi. Glavne fizikalne lastnosti, ki najbolj vplivajo na vedenje in obstojnost nafte v morju so: gostota, viskoznost, temperatura vrelišča, temperatura tečenja in temperatura strdišča. [6]

3.3.1. Gostota

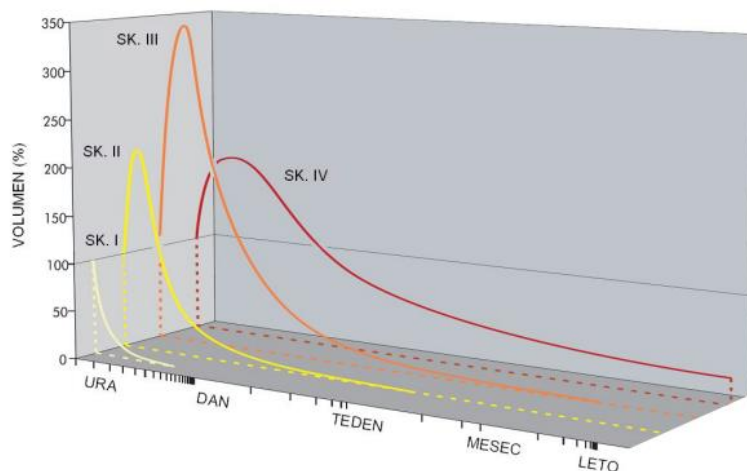
Gostota je najpomembnejša lastnost nafte. Ta je namreč nižja od gostote morske vode, zato razlita nafta plava na površini oziroma v zgornjih slojih morja. Glede na gostoto delimo nafto v štiri osnovne skupine:

1. Bencin in kerozin, z gostoto manj kot 800 kg/m³
2. Nafta iz Združenih arabskih emiratov, z gostoto med 800 in 850 kg/m³
3. Nafta iz Savdske Arabije in Severnega morja, gostoto med 850 in 950 kg/m³
4. Nafta iz Venezuele z gostoto nad 950 kg/m³

Bencin in kerozin lahko v celoti izhlapijo v nekaj urah po razlitju in običajno ne tvorita emulzije. Tako za 2. kot za 3. skupino je značilno, da lahko nafta z izhlapevanjem v prvih urah po razlitju izgubi do

Razširjanje nafte po morju

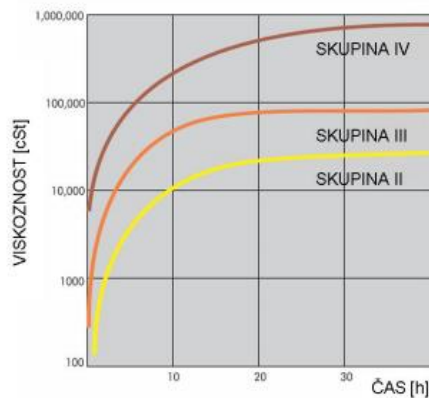
40% svoje prostornine, vendar preostanek, zaradi fizikalno-kemijske sestave, tvori viskozno emulzijo, ki lahko za razgradnjo potrebuje tudi leto dni. Zadnja, 4. skupina, pa predstavlja nafto, ki je zaradi visoke viskoznosti in pomanjkanja hlapnih snovi najbolj trajna. Z naraščanjem specifične gostote od 1. do 4. skupine narašča tudi delež nafte, ki bo potonil. [6]



Graf 1: Razgradnja različnih tipov nafte glede na gostoto v odvisnosti od časa [1]

3.3.2. Viskoznost

Viskoznost je fizikalna veličina, ki podaja odziv tekočine na strižne deformacije. Podana je z razmerjem med strižno napetostjo in strižno hitrostjo. Zaradi različnih hitrosti med sloji prihaja tako do notranjega trenja. Viskoznost nafte nam pove razlivalnost naftnih madežev, širjenje nafte v globino in stabilnost emulzije. Hitrost širjenja naftnega madeža je torej odvisna od viskoznosti. Nafta z višjo viskoznostjo se širi veliko počasneje, kot nafta z nižjo. Vedeti moramo, da je viskoznost odvisna od temperature in gostote. Višja gostota običajno pomeni tudi višjo viskoznost. Nafta v tankerjih ima običajno okoli 30°C, povprečne temperature v zgornjih plasteh morja pa so približno 17°C, kar pomeni, da se nafta ob razlitju ohladi in postane viskoznejša, zato se tak naftni madež širi počasneje. [6]



Graf 2: Sprememba viskoznosti v odvisnosti od časa [1]

3.3.3. Temperatura vrelišča

Pomembna lastnost je tudi temperatura vrelišča. Različni naftni derivati imajo različno temperaturo vrelišča, od tega pa je odvisna obstojnost nafte v madežu. Tisti derivati z višjimi vrelišči se bodo ob razlitju prej porazgubili v okolju, medtem ko se bodo slabše hlapne snovi precej dlje zadrževale v naftnem madežu. [6]

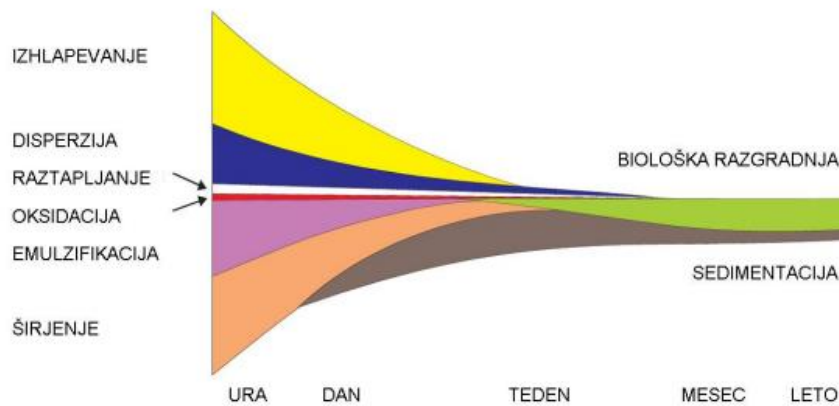
3.3.4. Točka tečenja in točka strdišča

Obe točki podajata sposobnost tečenja nafte v območju nizkih temperatur. Točka tečenja je najnižja temperatura, pri kateri se še opazi premikanje snovi ob mirovanju okoliške tekočine, in je približno 6 do 8°C nad temperaturo strdišča. Točka strdišča pa je temperatura, pod katero nafta izgubi lastnosti tekočine, odvisna pa je od vsebnosti voskov in asfaltov v nafti. Ko z ohlajanjem nafta doseže to točko, začnejo voski tvoriti kristalno strukturo. S takšno kristalizacijo se nafta iz tekočega stanja pretvarja v pol-trdno agregatno stanje, kar pomembno vpliva na nadaljnji potek širjenja.[6]

3.4. Proces pri razlitju

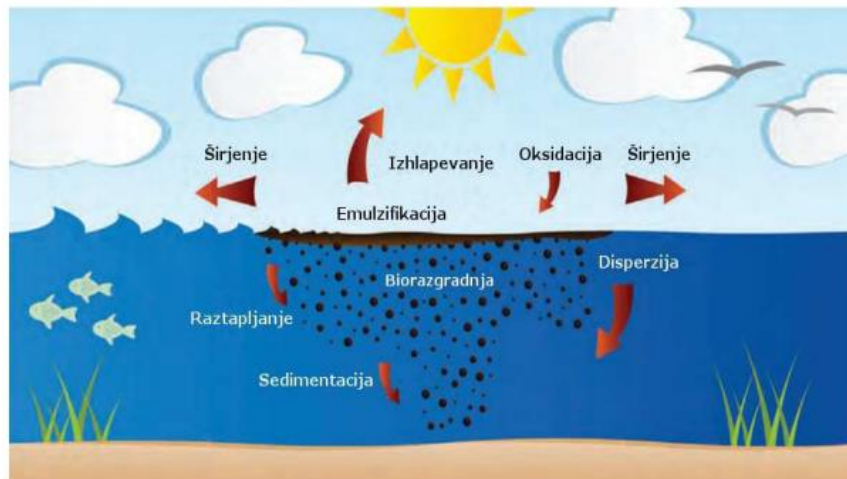
Pri razlitju nafte v morje moram upoštevati več fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov. Proces pa je odvisen tudi od vrste nafte, ki se je razlila in njenih lastnosti. Vpliv lastnosti na širjenje je opisano v prejšnjem poglavju, sedaj pa sledijo še procesi v približnem časovnem zaporedju.

V prvih nekaj urah od razlitja so najpomembnejši procesi mehansko širjenje, izhlapevanje, emulzifikacija in disperzija. Na začetku je prisotna tudi sedimentacija težjih delcev nafte. V naslednjih tednih se pričnejo usedati delci, ki so posledica mikrobne razgradnje. Slednja je lahko prisotna več let od razlitja. V manjši meri na širjenje vplivata tudi oksidacija in raztapljanje v vodi. [1]



Graf 3: Proces pri razlitju nafte odvisnosti od časa [1]

Razširjanje nafte po morju



Slika 2: Shematski prikaz procesov pri razlitju nafte [6]

3.4.1. Mehansko širjenje

Naftni madež se ob razlitju najprej obnaša kot homogena snov. Med širjenjem se začnejo pojavljati velike razlike v debelini in obliki madeža. Čez čas dobi madež zaradi vpliva vetrov in strižnih tokov obliko kometa. V smeri vetra se debeli, za seboj pa vleče širok in vse tanjši sloj nafte. Tako se bo širila nafta v nizko viskoznostjo. Nafta z visoko viskoznostjo se ne bo tako stanjšala in razvlekla, temveč se bo začela lomiti v manjše relativno debele naftne zaplate.

Poleg tega, da se nafta začne zaradi lastne teže širiti po vodni površini, nanjo delujejo tudi veter in morski tokovi, ki povzročijo premikanje in dodatno širjenje naftnega madeža v smeri teh tokov.

Za mehansko širjenje, ki je posledica viskoznih sil, gravitacije, vztrajnostnih sil in sil površinske napetosti, obstajajo številni modeli, ki skušajo opisati ta pojav. V enem opisujemo proces mehanskega širjenja z difuzijsko enačbo.[1]

3.4.2. Izhlapevanje ali evaporacija

Izhlapevanje je fazni prehod pri katerem snov preide iz kapljevinastega v plinasto agregatno stanje. Proces evaporacije je najbolj izrazit v zgodnji fazi naftnega razlitja. Dokazano je, da lahko v prvih nekaj dneh po razlitju lahka surova nafta izgubi do 75%, srednje težka do 40% in težka do 10% prvotne mase. Ta dejstva moramo upoštevati pri modeliranju širjenja. Ne smemo pa pozabiti, da je hitrost in količina izhlapevanja odvisna predvsem od vrste nafte in njenih sestavin. V prvih 24 urah ob zmernih razmerah bodo tako izhlapele tiste naftne sestavine z vreliščem pod 200°C. To sta na primer bencin in kerozin, ki sta oba zelo hlapna in hitro vnetljiva, ter tako še posebej nevarna v primeru razlitja v zaprtem območju. V nasprotnem primeru, pa je pri razlitju težkih naft izhlapevanje počasno in je nevarnost eksplozije minimalna .

Na izhlapevanje vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot so razburkanost morja, visoke temperature in veter. Ti namreč pospešujejo izhlapevanje neposredno (npr. višja temperatura, hitrejše izhlapevanje) ali posredno, s širjenjem naftnega madeža in povečevanjem njegove površine. Naftni madež, ki ostane po izhlapevanju, ima praviloma večjo gostoto in višjo viskoznost, kar pomembno vpliva tako na kasnejše procese širjenja kot na tehnike čiščenja. [6]

3.4.3. Emulzifikacija

Emulzifikacija je proces mešanja kapljic vode z nafto. Do procesa pride v razburkanem morju zaradi turbulentnih tokov, medtem ko lahko proces emulzifikacije v mirnem morju zanemarimo. Ločimo dve obliki emulzifikacije. Prva je tipa voda v nafti in druga je tipa nafta v vodi. V prvem primeru kapljice vode prodrejo v nafto, v drugem pa nafta v kapljice vode. V obeh primerih se emulzija speni. V praksi prevladuje prvi tip, se pravi voda v nafti. Hitrost emulzifikacije je odvisna od temperature okolja in turbulence na vodni gladini. Zelo viskozna nafta težje vsrkava vodne kapljive, manj viskozna pa izhlapi že pred procesom emulzifikacije. S povečevanjem stopnje emulzifikacije (torej povečevanjem deleža nafte v vodi) se izrazito poveča viskoznost.

Omenimo še, da je potrebno različne sestavine nafte (glede na tip emulzifikacije) klasificirati v vsaj v štiri skupine:

- stabilne emulzije (med 50 in 80% vode; poveča se obseg razlitja)
- metastabilne emulzije
- nestabilne emulzije
- neprave emulzije

Za vsako skupino veljajo popolnoma različne zakonitosti in tako ni možen opis tega procesa z enostavnim modelom. Večina novodobnih avtorjev predlaga empirični pristop, kjer se za modeliranje procesa emulzifikacije v primeru razlitja nafte raje uporabi empirične podatke, pridobljene v laboratoriju ali na terenu samem. [1]

3.4.4. Disperzija

Disperzija je razpad naftnega madeža v majhne kapljice različne velikosti zaradi vpliva valov in turbulence. Večje kapljice se dvignejo na površje, kjer se z drugimi delci ponovno združijo v madež ali pa se razporedijo in oblikujejo tanek sloj nafte za njim. Majhne kapljice razpadejo pod vremenskimi vplivi. Zaradi tega, se koncentracija nafte v morju hitro zmanjšuje. Ko nafta izhlapeva, se njena viskoznost povečuje in posledično se proces disperzije manjša. Z dodajanjem kemikalij je mogoče disperzijski proces povečati, saj kemikalije povzročijo hitrejšo razgradnjo nafte. [6]

3.4.5. Sedimentacija

Sedimentacija ali usedanje je proces, pri katerem se delci izločijo iz zmesi kot posledica težnostne sile. Ker ima nafta večinoma manjšo gostoto kot morska voda, le redke sestavine potonejo na dno morja. Večji delež nafte tako plava na površju. Usedanje se poveča v bližini obale, kjer je v morju prisotnih več lebdečih delcev, kot je na primer mivka. Sedimentacija je mogoča tudi zaradi prehranjevanja mikroorganizmov z naftnimi delci in posledično izločanja.

Odstotek nafte, ki je vključen v proces sedimentacije, je v primerjavi z ostalimi procesi minimalen, vendar pa je hkrati eden ključnih dolgoročnih dejavnikov, ki vplivajo na kopičenje nafte v morskem okolju, tako je pogosto izvzet iz modelov, katerih namen ni dolgoročna napoved posledic razlitja. [1]

3.4.6. Raztapljanje

Proces raztapljanja je porazdelitev molekul topljenca med molekule topila. Da pride do raztapljanja, morajo biti naftne sestavine (sestavine topljenca) topne v vodi (topilu). Hitrost raztapljanja je odvisna predvsem od temperature vode, sestave nafte, stopnje disperzije in turbulence. Raztapljanje ne igra pomembnejše vloge pri odstranjevanju naftnega madeža, saj se v vodi raztapljajo le lažje komponente nafte, ki hkrati tudi hitro izhlapevajo. Razgrajene komponente, ki so toksične pa imajo največji vpliv na različne organizme, ki se z njimi prehranjujejo. [6]

3.4.7. Oksidacija

Oksidacija je fotokemični proces, pri katerem ogljikovodiki v nafti reagirajo s kisikom pod vplivom sončne svetlobe. Čeprav je proces prisoten skozi celotno obdobje razlitja, je njegov skupni vpliv na razpad naftnega madeža majhen. Tudi pri močni sončni svetlobi se tanke plasti madeža razgrajujejo počasi, po navadi za manj kot promil nafte na dan. Debele plasti zelo viskoznih naft ali emulzij po navadi oksidirajo do obstojnih ostankov in se ne razgradijo popolno. [6]

3.4.8. Biorazgradnja

Biološka razgradnja je naravni način razgradnje organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov. Ker se v nafti nahajajo organske spojine je razgradnja odvisna tudi od mikrobne aktivnosti. Med mikroorganizme sodijo alge, bakterije, kvasovke, plesni, gobe in praživali, katerim služi nafta kot vir hrane in energije. Proces biološke razgradnje se začne po daljšem času od razlitja nafte v morje in lahko poteka več let. Hitrost razgradnje je odvisna od sestave nafte, prisotnosti kisika, dušika in fosfatov ter temperature. Ker je vsaka vrsta mikroorganizmov sposobna presnove le določne skupine ogljikovodikov, je za učinkovito razgradnjo potreben širok spekter različnih organizmov. Kljub temu, da je v morski vodi prisotno manjše število mikroorganizmov, se njihovo število namnoži v prisotnosti nafte. Razmnoževanje mikroorganizmov se ustavi, ko začne primanjkovati kisika ali hrane. Ker mikroorganizmi živijo v vodi iz katere pridobivajo kisik, poteka proces biološke razgradnje na meji med nafto in vodo. Tako je biološka razgradnja neučinkovita v primeru, ko nafta v procesu sedimentacije potone na morsko dno, saj tam primanjkuje kisika. Podobno se dogaja z nafto, ki se odloži na obalo, ker mikroorganizmi živijo v morski vodi. Tvorba oljnih kapljic pri procesu disperzije pospeši biološko razgradnjo, saj se s tem površina nafte poveča. [6]

3.4.9. Odlaganje na obalo

Odlaganje naftnih madežev na obalo in čas ostanka na njej je odvisno od izpostavljenosti obale vplivu morja in tipa obale. V času, ko se nafta zadržuje na obali ima negativen vpliv na gospodarstvo, turizem in organizme, ki živijo na obali. Ko morje naplavi nafto na obalo, lahko ta popolnoma uniči ravnovesje obalnega ekosistema, hkrati pa je čiščenje obal dolgotrajen, drag in zahteven proces. Pri odlaganju nafte na obalo se količina nafte v naftnem madežu zmanjša, vendar se čez čas zaradi tokov in plimovanja, začne vračati nazaj v morje. Pomembno je, da poznamo razpolovni čas, tj. čas sposobnosti obale da zadrži nafto na obali, preden se vrne nazaj v morje. Pri izračunu razpolovnega časa se osredotočimo samo na tip obale in popolnoma zanemarimo fizikalno-kemijske lastnosti nafte.

[1] Razpolovni čas za različne tipe obal:

- ravne betonske obale – 1 ura
- peščene obale – nekaj dni
- skalni tip obal – 1 leto

3.5. Matematično modeliranje širjenja nafte

Za omejitev škode in zaščitenja virov ter obale, se uporabljajo tehnološko napredni računalniško razviti modeli. Ti modeli nam, s pomočjo matematičnih izračunov, povedo v katero smer se bo naftni madež širil in v kakšnem stanju bo, ko pride na določeno območje. Glavna pomanjkljivost modelov so vhodni parametri. To so morski tokovi in hitrost vetra. Sicer te podatke dobimo s hidrodinamičnimi modeli, vendar nikoli ne moremo biti povsem prepričani, da so to realni podatki trenutnega stanja, oziroma stanja v prihodnosti. Rezultate, ki jih dobimo z modelom za simulacijo širjenja nafte, so namreč lahko le toliko natančni, kot so podatki, ki jih vanj vnesemo. Kljub velikemu napredku računalniške tehnologije, te pomanjkljivosti še niso odpravili in bo najverjetneje ostala glavna omejitev tudi v prihodnje. [6]

3.5.1. Metode sledenja razliti nafte

Za simulacijo gibanja nafte v morskem okolju so bile razvite tri metode: metoda sledenja delcev (MSD), metoda s sledili in metoda delcev z več prostostnimi stopnjami. [6]

3.5.1.1 Metoda sledenja delcev, MDS (ang. Particle tracking method, PTM)

Pri tej metodi nafto določimo s končnim številom delcev in vsakemu od teh določimo začetni položaj in maso. Za vsak posamezni delec je advekcija določena s hitrostnim poljem okoliške vode, dodajo pa se še naključni procesi za simulacijo disperzije (širjenja, difuzije) nafte, ki so neodvisni od morskih tokov. Razlitje predstavljamo na statistični način, zato mora biti gostota delcev, v posamezni mrežni celici dovolj visoka, da zagotovi zanesljive statistične podatke. [6]

3.5.1.2 Metoda s sledili (ang. Tracers method)

Pri tej metodi zgradimo mrežo z binarnimi celicami, katere nam povedo ali se v trenutni celici nafta nahaja ali ne. Za to metodo moramo zgraditi zelo gosto mrežo, oziroma mrežo z visoko ločljivostjo (najbolje manj kot 1 km). Celice s pozitivno (true, 1) vrednostjo nam pokažejo obliko in fizičen obseg razlite nafte. Prednosti te metode je spreminjanje resolucije, kar nam omogoča zajemanje površin kot so obala in plavajoči led ter dodajanje empiričnih formul, ki opisujejo medsebojne vplive nafte in okolja. Glavna pomanjkljivost je trajanje izračuna zaradi zelo goste in natančne mreže ter kompleksnosti samega modela. [6]

3.5.1.3 Metoda delcev (ang. spilletts method)

Ta metoda je skoraj enaka metodi sledenja delcev, vendar pri tej govorimo o plavajočih "kosih" nafte, ki imajo več prostostnih stopenj. Prostostne stopnje se obnašajo nekoliko drugače kot delci, saj lahko vsaki prostostni stopnji določimo debelino za vsak madež. Celotno razlitje je torej razdeljeno na več manjših individualnih razlitij oziroma madežev. Ta model lahko razumemo kot nekakšen vmesni model med ostalima metodama. [6]

3.5.2. Model NAFTA3D

V model NAFTA3D so vgrajene enačbe za advekcije in disperzije, mehanskega širjenja in izhlapevanja, na kvalitativni ravni pa enačba disperzije v vodnem stolpcu in emulzifikacij (določimo lahko količino, ne pa tudi točne lokacije emulzije in disperzije v vsakem koraku). V model moramo za izračun vnesti 2 vrsti podatkov. Prvi so podatki o gibanju vode (cirkulacija) in meteorološke parametre, drugi pa podatki o razlitju. [6]

3.5.2.1 Cirkulacija

Za izračun cirkulacije potrebujemo dovolj gosto numerično mrežo, v kateri na odprtem robu s pomočjo meteorološke situacije dobimo rezultate izračuna. Model NAFTA3D omogoča račune z nestacionarno cirkulacijo in vetrom. Pri nestacionarnih računih je pomemben dovolj gosti časovni interval, da dobimo, v primeru odstopanj, čim bolj točne rezultate. Rezultate s pomočjo ustreznega vmesnika pretvorimo v razumljivo vhodno obliko modela NAFTA3D. Trenutno izdelani vmesniki omogočajo uvoz iz modela PCFLOW3D, ki lahko da rezultate v poljubni računski domeni in različice modela POM (računa cirkulacijo v Tržaškem zalivu in Severnem Jadranu. Z izdelavo drugih vmesnikov, pa lahko podatke pretvorimo tudi iz drugih modelov.[6]

3.5.2.2 Podatki o razlitju

Obsegajo lokacijo in čas trajanja razlitja ter količino in vrsto (lastnosti) razlite nafte. V model je vgrajena možnost simulacije z nerazgradljivim onesnažilom in možnost modeliranja širjenja in izhlapevanja dizelskega goriva in bencina. Simulacijo z nerazgradljivim onesnažilom uporabimo kadar

Razširjanje nafte po morju

ne poznamo lastnosti razlite nafte, saj tako dobimo nekako varne nevtralne rezultate. Ko pa poznamo lastnosti nafte, pa jih vnesemo v model in računamo z dejanskimi vrednostmi parametrov.

Model izračunava gibanje delcev s predpisano začetno maso in spreminjanje mase zaradi hlapenja. Izračunajo se tudi koncentracije nafte v tridimenzionalni računski mreži. Rezultate iz numerične oblike pretvorimo v grafično z vmesnikom, ki omogoča je tudi pripravo animacij.[6]

3.6. Najhujša razlitja nafte

Svetovna proizvodnja surove nafte znaša okoli 3 milijarde ton letno in več kot polovica proizvedene nafte se transportira po morju. Zato se moramo zavedati, da se vsako leto zgodi nekaj nesreč, v katerih so udeleženi tankerji, ki prevažajo surovo nafto. Izjema niso niti nesreče na naftnih ploščadih, s katerih lahko v nekaj urah odteče zelo velika količina surove nafte. V zadnjih štiridesetih letih se je zgodilo okoli 450 nesreč, pri katerih je v morje izteklo več kot 700 ton nafte.

Da bi bolje razumeli razsežnosti posameznih nesreč moremo najprej spoznati količinsko mero v kateri se meri nafta.

Sod je prostorninska mera za prostornino. Sodček nafte tako v mednarodni trgovini pomeni količino nafte.

- 1 sodček surove nafte = 42 U.S.gal. = 158,9873 litrov

Glede na povprečno specifično maso surove nafte ustreza:

- 1 tona surove nafte = 7,33 sodčkov
- 1 sodček/dan = 49,8 ton/leto

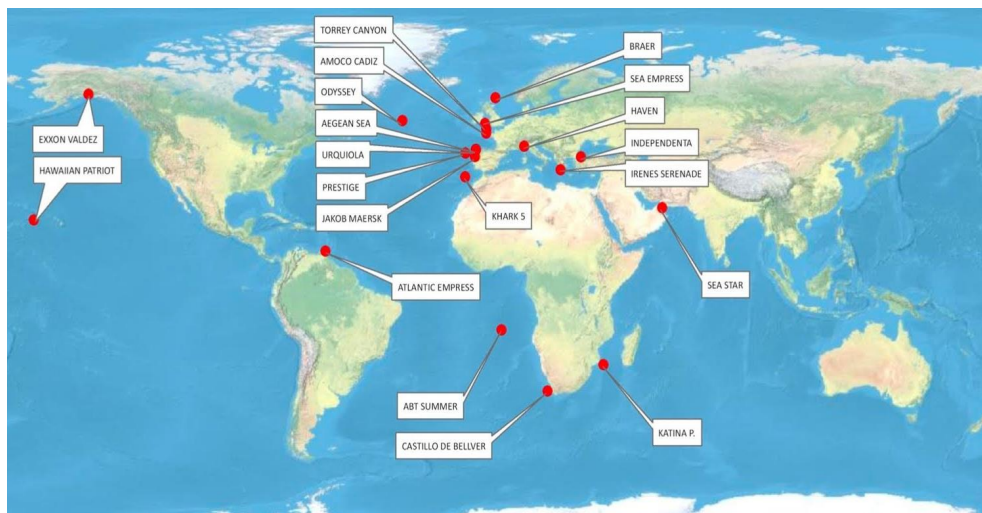


Slika 3: Sodček nafte [4]

- Izlitje nafte v času zalivske vojne, Perzijski zaliv, Kuvajt, 1991. Da bi preprečili prihod ameriških marincev, so Iračani v morje izpustili 10,3 milijona sodčkov nafte. Iraške vojaške sile so ob umiku iz Kuvajta zanetile požare na naftovodih. Zaradi njihove obsežnosti in minskih polj gasilci niso mogli priti zraven, zato so zgorele ogromne količine surove nafte.
- Doslej najhujša naftna katastrofa v Mehškem zalivu se je zgodila leta 1979, ko je ob polotoku Jukatan razneslo mehiško naftno ploščad Ixtoc I. Takrat se je v morje izteklo 530 milijonov litrov nafte, vendar pa je bila vrtna v plitkih vodah, kar je obseg nesreče nekoliko omejilo.
- Leta 1983 se je tanker zaletel v naftno ploščad Nowruz, ki se nahaja v Perzijskem zalivu. Nafta je iztekala skoraj eno leto, izteklo pa je 1,9 milijonov sodčkov.
- Tanker ABT Summer je bil leta 1983 na poti iz Irana v Rotterdam, ko je v bližini obal Angole zagorel in eksplodiral. Umrlo je 5 oseb in v morje izteklo 1,9 milijonov sodčkov.

Razširjanje nafte po morju

- Tanker Castillo de Bellver se je leta 1983 v bližini Južne Afrike prelomil na pol, zaradi požara. Izteklo je 1.8 milijonov sodčkov.
- Exxon Valdez, je naftni tanker, ki je postal slaven ko je nasedel v zalivu Prince William in izlil na sto tisoče sodčkov surove nafte na Aljaski. 24. marca 1989 je na poti v Long Beach v Kaliforniji nasedel na greben Bligh. To je pripeljalo do drugega največjega razlitja nafte v zgodovini Združenih držav. V morje se je izlilo približno 40 000 ton nafte in pri tem onesnažilo skoraj 2 000 km obale. Leta 1989 je bilo izlitje iz Exxon Valdeza ocenjeno kot 54. največje razlitje nafte v zgodovini. Leta 2010 je bilo približno 98 kubičnih metrov nafte, ki se je izlila iz Valdeza, še vedno v pesku in prsti Aljaske. [3]

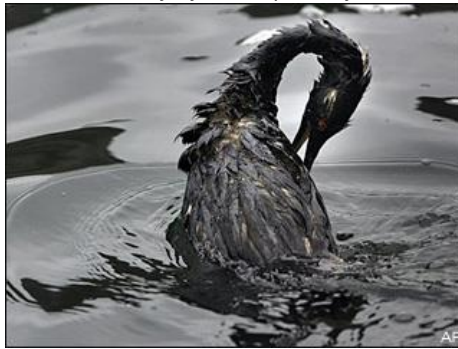


Slika 4: Lokacije večjih naftnih nesreč [3]

3.7. Vpliv razlitja nafte na živa bitja

Učinki razlite nafte na živa bitja so lahko fizični, kot npr. zlepljenje perja, dlake, zamašitev dihalnih poti itd. Na ta način ima razlita nafta največji vpliv na morske ptiče, predvsem tiste, ki pristajajo na morski gladini in se hranijo na odprtem morju ter na številne vrste ptic, ki pobirajo hrano na morski obali. Večina morskih ptičev pogine, zato ker jim zlepljeno perje ne nudi dovolj zaščite. Poleg tega z nafto prepojeno perje ne omogoča plovnosti, ker med perjem ni več zračnih žepov. Ptiči skušajo sprva perje očistiti, s čimer požirajo in vdihavajo velike količine naftnih derivatov, kar zaradi same toksičnosti teh snovi vodi v gotovo smrt. Poleg ptičev so prizadeti tudi morski sesalci, zlasti tjulnji, mroži, morski levi in morske vidre, nekoliko manj pa kiti in delfini, ki imajo zelo gladko kožo in se pred onesnaženjem po navadi umaknejo. Zelo ranljive so tudi morske želve, ki se gibljejo počasi, pogosto pridejo na površje in tudi požirajo trdnejše naftne delce, ki jim zamašijo pljuča. Mnogo pogostejše so kronične zastrupitve, ki vplivajo na uspešnost razmnoževanja, razvoja ali prehranjevanja živih bitij. Zlasti tisti deli surove nafte, ki najdejo pot v sedimente, vstopajo v prehranjevalne verige in je njihove dolgoročne učinke težko predvideti. Vsekakor se ti ostanki v globljih delih sedimenta, kjer ni kisika, praktično ne odstranjujejo in predstavljajo dolgoročno grožnjo za morskó okolje. Za školjke v plitvi vodi ob onesnaženih obalah je zelo verjetno, da bodo v svojih telesih kopičile velike količine komponent surove nafte. Razlitja nafte imajo manjši vpliv na ribje populacije, razen na tiste, ki so vezane na drstišča ob plitvih obalnih vodah. Zelo prizadete pa so predvsem tiste populacije rib, katerih jajčeca so vezana na površinski planktonski stadij in pa tiste katerih mladice se zadržujejo tik pod morskó gladino. [2]

Razširjanje nafte po morju



Slika 5: Razlitje nafte najbolj prizadene ptice [2]

3.8. Vpliv na življenje ljudi ob onesnaženih obalah

Razlitja nafte, ki dosežejo obalo, imajo hude posledice tudi na življenje lokalnega prebivalstva. Vplivajo na ribištvo, rekreativni ribolov, turistično dejavnost, jadranje, potapljanje itd. Predvsem imajo tudi psihološki učinek, ki lahko traja še dolgo po tistem, ko so vidne posledice onesnaženja že odpravljene. Nezaupanje v hrano, ki izvira iz morja, strah pred boleznimi in strah pred ponovnimi podobnimi katastrofami so stalni spremljevalci prizadetega prebivalstva. Ekonomska škoda, ki jo utrpi lokalno prebivalstvo, je nemerljiva in zahteva velika sredstva za odpravo posledic.



Slika 6: Naftni madež na obali [3]

3.9. Ukrepanje v primeru razlitja

Vsako ukrepanje sestoji iz dveh faz:

1. Preprečevanje širjenja naftnega madeža
2. Odstranjevanje nafte z vodne površine

3.9.1. Preprečevanje širjenja olja

Takoj po zaustavitvi iztekanja nafte je prioritarna naloga akcija preprečevanja nadaljnega širjenja madeža. Ko onesnažena površina postaja vse večja, postaja operacija čiščenja vse težja, dražja in dolgotrajnejša. Zato so nujne ti. plavajoče zavese, ki spadajo v osnovno opremo pri vsaki akciji čiščenja razlite nafte in so redno tudi prva oprema, ki se montira na mestu razlitja in zadnja, ki se odstrani. [5]

3.9.2. Odstranjevanje nafte z vodne površine

Obstaja več metod čiščenja oz. odstranjevanja olja z vodne površine, ki jih lahko klasificiramo v štiri osnovne skupine:

- mehanske metode,
- fizikalno-kemijske metode,
- kemijske metode in
- mikrobiološke metode.

Praviloma operacije čiščenja tečejo v tem zaporedju, z osnovnim namenom, da se s samim čiščenjem povzroči čim manj dodatne škode na okolju, v katerem je prišlo do razlitja. [5]

3.9.2.1 Mehanske metode

a) Ročno odstranjevanje

Je najenostavnejša mehanska metoda, ki pride v poštev pri vsakem razlitju. V poštev pride pri pomanjkanju opreme, zahteva pa veliko število ljudi in ogromen delovni napor. Ta način se najbolj obnese pri viskoznejših naftah, lahke pa je potrebno najprej obdelati z absorbenti.

b) Odstranjevanje olj s posnemalci

To so naprave, s katerimi odstranjujemo nafto z vodne gladine tako, da se fizikalno kemijske lastnosti nafte ne spremenijo. Na tržišču je veliko različnih posnemalcev, vendar do sedaj še ni skonstruiran posnemalec, ki bi zadovoljil potrebam v vseh pogojih dela (v mirni in razburkani vodi, ob vplivih vetra, itd.). [5]

Glede na princip delovanja jih lahko razdelimo v pet vrst:

1. posnemalci v obliki lijaka - princip gravitacije,
2. z direktnim vsesavanjem olja - princip sesalca,
3. s centrifugiranjem,
4. s potapljanjem,
5. z adsorbicijo.

3.9.2.2 Fizikalno - kemijske metode

- Gre za uporabo kemičnih sredstev, ki preprečujejo nadaljnje širjenje madeža in bistveno spremenijo sestavo nafte. Te snovi so:
- snovi za potapljanje,
- snovi za želiranje,
- snovi za koncentriranje,
- snovi za adsorbicijo (naravni materiali, hidrofobni adsorbenti mineralne sestave, sintetični hidrofobni adsorbenti). [5]

3.9.2.3 Kemijske metode

Uporaba teh metod z naravovarstvenega vidika ni priporočljiva, po navadi se jih uporabi, če druge metode ne dajo želenih rezultatov. [5]

4. Zaključek

Proces širjenja nafte je v veliki meri odvisen od lastnosti nafte. Pomembne so gostota, viskoznost, temperatura vrelišča, tečenja in strdišča ter kemijske lastnosti nafte. S temi podatki poskušamo s pomočjo matematičnih modelov izračunati potek širjenja nafte. Ti izračuni pa so lahko toliko točni, kolikor so točni vhodni podatki, ki jih dobimo iz narave. Mislimo predvsem na morske tokove, veter, temperaturo ozračja in vode. Z modeli skušamo pridobiti čim bolj točne izračune, da lahko v primeru razlitja čim hitreje in učinkoviteje ukrepamo. Kljub temu da so takšni izračuni zelo dragi, niso vredni nič v primerjavi z uničenim ekosistemom, ki jih razlitje zagotovo prizadene. Razlitje nafte spada zato med eno izmed največjih okoljskih katastrof v današnjem času.

5. Bibliografija

- [1] Jeglič, T. (2010). *Modeliranje razlitja nafte v Tržaškem zalivu*. Pridobljeno 13. 12 2013 iz http://drugg.fgg.uni-lj.si/234/1/VKI_0141_Jeglic.pdf
- [2] Knafeljc, U. (4 2009). *Nezgode tankerjev*. Pridobljeno 14. 12 2013 iz http://www.fkkt.uni-lj.si/attachments/dsk4522/nezgode_tankerjev.pdf
- [3] N.Š. (brez datuma). *Najhujša razlitja nafte v zgodovini*. Pridobljeno 14. 12 2013 iz Cekin.si: http://cekin.si/clanek/za_dom_in_druzino/najhujsa-razlitja-nafte-v-zgodovini.html
- [4] *Nafta*. (25. 11 2013). Pridobljeno 11. 12 2013 iz Wikipedia: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Nafta>
- [5] Sotlar, Z., & Umek, T. (1995). *Ukrepanje ob ekoloških nesrečah na morju in kopnem*. Pridobljeno 13. 12 2013 iz <http://mvd20.com/LETO1995/R5.pdf>
- [6] Šoško, H. (9 2012). *Modeliranje širjenja nafte v morskem okolju po metodi trajektorij*. Pridobljeno 13. 12 2013 iz http://drugg.fgg.uni-lj.si/3918/1/BVK004_Sosko.pdf
- [7] Žagar, D., Ramšak, V., Ličer, M., Petelin, B., & Malačič, V. (2012). *Uporaba numeričnih modelov ob razlitju nafte na morju*. Pridobljeno 11. 12 2013 iz <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2012/168.pdf>

5.1. Viri slik

- [1] http://library.thinkquest.org/CRO215471/oil_spill_on_fire.jpg [12.12.2013]
- [2] <http://thetruthbehindthescenes.files.wordpress.com/2010/05/oil-spillc-1.jpg> [14.12.2013]
- [3] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Lebanon_oil_beach.jpg [14.12.2013]
- [4] <http://images.oreillyauto.com/parts/img/large/val/blue55drum.jpg> [12.12.2013]



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

RAZŠIRJANJE RADIOAKTIVNIH SNOVI PO NESREČI V ČERNOBILU

Seminarska naloga pri predmetu

Prenosni pojavi v okolju

Študentka: Barbara KOPRIVNIK

Študijski program: univerzitetni študijski program 1. Stopnje

Smer: Tehniško varstvo okolja

Mentor:izr. prof. dr. Jure Ravnik

December, 2013

Kazalo

1	UVOD	2
2	ČERNOBILSKA NESREČA	3
2.2	VZROKI ZA NESREČO.....	4
3	ŠIRJENJE IN ODLAGANJE RADIOAKTIVNIH IZOTOPOV	5
3.1	VROČE TOČKE.....	NAPAKA! ZAZNAMEK NI DEFINIRAN.
3.1	ČERNOBILSKI OBLAK	9
4	REAKTOR TIPA RBMK	10
4.1	POZITIVNI KOEFICIENT IZPRAZNITVE	10
4.2	DOGAJANJE V REAKTORJU	11
5	RADIOAKTIVNO SEVANJE	13
5.2	ENOTE ZA MERJENJE SEVANJA	14
5.3	KOEFICIENT PRAZNIN.....	15
6	RADIOAKTIVNO ONESNAŽENJE	16
7	OKOLJE	19
7.1	POSLEDICE NESREČE	19
7.2	VPLIV NA ZDRAVJE	19
7.3	VPLIV NA OKOLJE	19
7.4	KONTAMINIRANOST URBANIH PREDELOV	20
7.5	KONTAMINIRANOST KMETIJSKIH OBMOČIJ.....	20
7.6	KONTAMINACIJA GOZDOV	20
7.7	KONTAMINACIJA VODNIH SISTEMOV.....	21
7.8	VPLIV NA LJUDI.....	21
8	ZAKLJUČEK	22
8	VIRI IN LITERATURA	24

1 UVOD

Nesreča v Černobilu se je zgodila 27 let nazaj, a ima še vedno naziv največje in najbolj katastrofalne nesreče v zgodovini jedrskih nesreč. Posledice je občutila celotna Evropa, najbolj pa seveda okoliške države (Ukrajina, Belorusija, Rusija). Vzroki za nesrečo so znani, znan je tudi potek dogodkov. Še vedno pa ni povsem raziskano področje kontaminacije in posledic. Nesreča je imela resne zdravstvene radiološke in socioalno – ekonomske posledice. Dogodek je povzročil veliko zaskrbljenost ljudi po celem svetu glede uporabe jedrske energije.

2 ČERNOBILSKA NESREČA

26.4.1986 se je v jedrski elektrarni Černobil zgodila nesreča (parna eksplozija), ki je prinesla katastrofalne posledice. Nesreča je notranjost reaktorja izpostavila v neposreden stik z ozračjem. V reaktorju je prišlo do požara in stalitve sredice. Ta nesreča velja za najhujšo v zgodovini jedrske energije. Kot posledica odsotnosti zaščitne reaktorske zgradbe so se radioaktivni delci začeli širiti preko Sovjetske zveze, vzhodne Evrope, Skandinavije, Velike Britanije. Okoli 60% radioaktivnih snovi se je odložilo v Belorusiji. Četrty reaktor jedrske elektrarne so nameravali dan preden se je zgodila nesreča ustaviti zaradi rednega vzdrževanja. Odločili so se, da bodo preizkusili ali oprema elektrarne daje dovolj energije za pogon zasilnega hlajenja reaktorja in nujnih sistemov v časovnem intervalu med izpadom glavnega električnega napajanja in zagonom zasilnih dizelskih agregatov. Ta poskus pa so nesrečno izvedli brez natančne izmenjave informacij in koordinacije med skupino odgovorno za poskus in osebje, ki so bili odgovorni za obratovanje in varnost jedrskega reaktorja. Operaterji so izvedli vrsto ukrepov, ki pa so se razlikovali od uveljavljenih kar je privedlo do potencialno nevarnega položaja. Elektrarna je postala nestabilna in prišlo je do nesreče. Nenaden dvig moči, ki je bil neobvladljiv je povzročil uničevalno eksplozijo in popolno razrušitev reaktorja. Stanje so poslabšali še požari grafitnega moderatorja in drugih materialov, ki so bili v zgradbi kar je prispevalo k obsežnemu in dolgotrajnemu sproščanju radioaktivnih snovi v okolje.

Nesreča se je zgodila v jedrski elektrarni tipa RBMK. Ta tip je posebnost jedrske tehnologije nekdanje Sovjetske zveze. Nekaj njegovih značilnosti je v nasprotju z zahodnimi varnostnimi standardi. Takšna jedrska elektrarna je popolnoma nesprejemljiva za varnostne standarde, ki jih ima Velika Britanija. Na območju jedrske elektrarne Černobil v Ukrajini so štiri reaktorji, vsak z električno močjo 1000 MW. Dve enoti sta bili v času nesreče še v gradnji. Nesreča je uničila reaktor v četrti enoti. Za RBMK reaktor je značilna kombinacija vodnega hlajenja uranovega goriva z grafitno moderacijo cepitvenih nevtronov. Nesrečo v Černobilu je povzročil pojav imenovan *pozitivni koeficient reaktivnosti praznin*. Do tega pojava pride pri posebnih pogojih, kot naprimer obratovanje z majhno močjo. Ob zavretju vode se zmanjša absorpcija nevtronov v hladilu, v grafitnem moderatorju pa se še vedno upočasnijo dovolj nevtronov za vzdrževanje verižne reakcije. S pojavom pare v ceveh reaktorja njegova moč naraste. Nesreča se je zgodila med

obratovanjem na zelo nizki moči (6%). Ker so operaterji hoteli vzpostaviti normalne razmere je prišlo do uparjanja vode v reaktorju in povečanega števila prostih nevtronov, ki cepijo uranove atome v gorivu. Prišlo je do nenadzorovane situacije, porastu moči je sledilo popustitev gorivnih kanalov in vroče gorivo je prišlo v stik z vodno paro. Pri tako visokih temperaturah je para razpadla na kisik in vodik. Kisik je reagiral z grafitom, vodik z zrakom, ki je dotekal v sredico¹. V nekaj sekundah je sledila močna parna eksplozija, ki je uničila jedrski reaktor. (povzeto po viru 3)

2.2 VZROKI ZA NESREČO

Do sedaj obstajata dve uradni razlagi vzrokov za nesrečo. Prva razlaga je bila objavljena nekaj mesecev po nesreči in kot glavni vzrok navaja upravljalce v elektrarni. Druga razlaga iz leta 1991 pa krivdo pripisuje zasnovi reaktorja RBMK. Predvsem se to nanaša na nadzorne palice, ki se jih vstavi v reaktor, da se verižne reakcije upočasnijo. V tem reaktorju so bili konci nadzornih palic iz grafitu, zaključni deli nad konci palic pa votli in napolnjeni z vodo. Del, ki absorbira nevtrone in upočasnjuje reakcije pa je bil iz borovega karbida. Ko so palice vstavljene v reaktor, je bilo hladilo (voda) zamenjano z grafitnimi konci. Voda, ki je nevtronski absorber in reakcije upočasnjuje je bila torej zamenjana z grafitom, ki je nevtronski moderator in reakcije pospešuje. Mnogi pa poudarjajo nepoznavanje in primanjkljaj znanja o tem reaktorju, ki so ga imeli delavci v elektrarni.

Poleg tega so poudarili tudi:

1. Reaktor je imel nevarno velik pozitivni koeficient izpraznitve, kar pomeni, da se jedrske reakcije pospešijo, kar vodi do nekontrolirane reakcije. Reaktor postane nestabilen in nevaren.
2. Zasnova nadzornih palic in njihova odstranitev. Namreč delavci so iz sredice reaktorja odstranili med 204-211 nadzornih palic. Ostalo jih je le 7. Tehnična navodila reaktorja pa prepovedujejo delovanje z manj kot 15 palicami znotraj območja sredice jedrskega reaktorja.
3. Upravljalci so izklopili številne varnostne sisteme, kar je po pravilih jedrske elektrarne prepovedan.

¹ V reaktorju je sredica z jedrskim gorivom v tlačni posodi, kjer je hlajena z vodo pod visokim pritiskom.

3 ŠIRJENJE IN ODLAGANJE RADIOAKTIVNIH IZOTOPOV

Radioaktivni izotopi so nevarni, le zaradi sevanja, ki ga oddajajo. Merilo je njihova aktivnost. ALI (Annual Incorporation Limits) - omejitve letnega vnosa so omejitve določene za vsak izotop. ALI je varnostna omejitev, katere prekoračitev nima neposrednih učinkov.

V trenutku nesreče in v dnevih po njej so se v atmosfero sprostili radioaktivni materiali. Ti so bili plini, aerosoli in drobni delci jedrskega goriva. Sprostitev teh stvari je veljala za zelo veliko. Sproščen je bil velik delež radioaktivnih izotopov iz reaktorja. Snovi so se sproščale veliko dlje kot pa so predvidevali in sicer več kot en teden. Trajanje ter količina sproščenih snovi pa je posledica požara grafitu. Problem je predstavljal tudi veter, ki je pogosto spreminjal smer v času nesreče. Posledica je bila zelo veliko usedanje radioaktivnih snovi na tla. Obsegalo je večinoma celotno severno poloblo. Vzorec kontaminacije tal in v prehranski verigi je bil precej neenakomeren, kar je bilo še posebej izrazito na območjih, ki so bila zelo oddaljena od reaktorja. Kontaminacija se je okoli Černobila širila zelo neenakomerno. Na območjih, kjer je deževalo je bila kontaminacija največja, ker je dež izpral delce iz radioaktivnega oblaka. Ker so želeli zmanjšati notranje obsevanje so prepovedali uživati nekatere izdelke.

V Sloveniji je bilo izmerjeno prvo povečanje radioaktivnosti v ozračju in padavinah 30.4.1986 zjutraj. Torej 4 dni po nesreči. Raziskano je, da je radioaktivnost v našo državo prinesel veter.

Med 26.4 in 5.5.1986 je bilo okoli 3-4% celotne radioaktivnosti izpuščene v okolje. Točni podatki niso znani, znanstveniki pa govorijo, da se je v atmosfero izločilo med 1.9 in 5×10^8 Bq in se prenašalo po celotnem svetu. Z odlaganjem na zemljo in preko padavin se je prenesla radioaktivnost vse do Atlantskega oceana. Znanstveniki, so izračunali tudi približno težo izpušenih radioaktivnih snovi, ki bi naj bila okoli 77 kg. Največ te mase je bilo odloženo v območju 300-400 km od jedrske elektrarne. Izotopov, ki so prešli v atmosfero v času nesreče je 30. Razpolovna doba teh je med 11 urami in 24,065 leti. V prvem mesecu po nesreči je bilo veliko izotopov v zraku, kar je pomenilo, da so bili ljudje bolj izpostavljeni radioaktivnosti z dihanjem oziroma prehrano kot pa direktno radiaciji. Težki izotopi, ko npr. stroncij in plutonij so se odložili v območju med 30-40 km radija

reaktorja. Plutonijevi izotopi so tvorili tako imenovano »vročo točko« z zelo visoko stopnjo radioaktivnosti.

Največji del radioaktivnega materiala je bilo izpuščenega v prvih desetih dnevih od nesreče. Vročina od požara je sproščala radioaktivne pline in aerosolske delce. Ti so se dvignili višje v atmosfero. Prvi dan se je sprostilo okoli 25 % z eksplozijo in požarom. Z naslednjimi petimi dnevi so se radionuklidi sproščali počasneje in sicer se je njihova stopnja zmanjšala za 6x glede na začetni izpust. V tem obdobju so z helikopterji na reaktor spustili okoli 5 ton karbida. Z naslednjimi štirimi dnevi se je ekstremno zvišala temperatura v reaktorju na 2.000°C in izpust radionuklidov se je zvišal na 70% glede na začetnega. Deveti dan po nesreči se je izpust zmanjšal na 1% začetnega in sicer zaradi številnih ukrepov. Raziskano je bilo, da je okoli 20% hlapnih radionuklidov joda, cezija, telurja z veliko količino plinov ksenona, kriptonu in 3-6% stroncija, plutonija je bilo izpuščenih v atmosfero in raširjenih po celem svetu.

Vzorci atmosferskega zraka na prvi dan po nesreči so pokazali, da je 20% radionuklidov bilo razširjenih nad 1800m, 60% med 1200m in 1800m in postalih 20% med 1200m in 600m. V naslednjih dneh se je masa radioaktivnega materiala razširila na območju 600m. Veter je snov na 1500m prenašal z hitrostjo 10 m/s iz jugovzhoda. Z takšno hitrostjo je radioaktivna snov prehajala kar 36 ur, 1200 km. Sledi joda in cezija so bile najdene nižje v atmosferi na 6-9 km nadmorske višine. Vremenske razmere v prvih desetih dneh so bile spremenljive. Smer in hitrost vetra se je spreminjala, kar je povzročilo nepravilno in spremenljivo posedanje delcev. Atmosferski procesi so povzročili nastanek radioaktivnih oblakov, ki so dosegli celo Kanado, ZDA, Japonsko, Kitajsko in to že v začetku maja. Celo sneg v severnih ledenikih je vseboval 15 % več radioaktivnih snovi, kot pred nesrečo. Radioaktivnost snega se je zelo povečala v Grenlandiji in v Alpah.

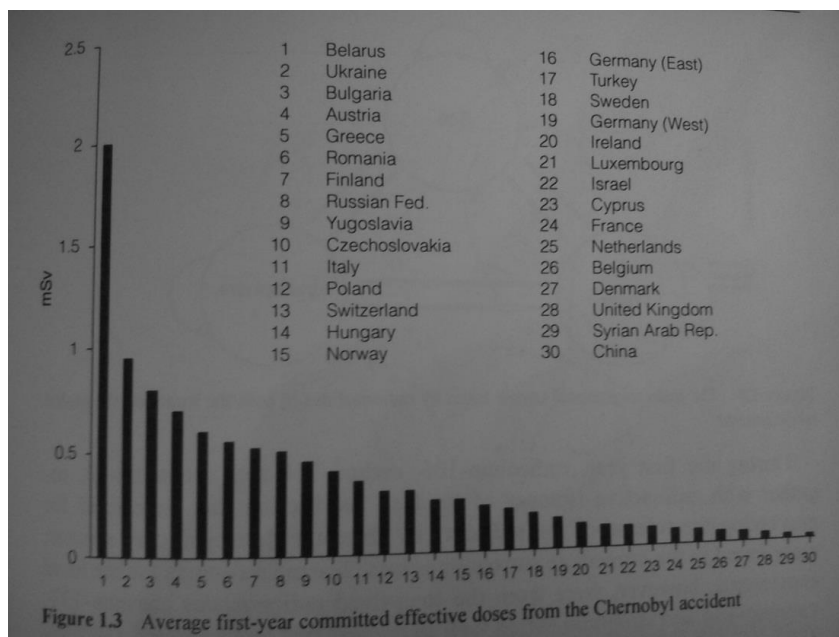
Torej veliki izpusti radioaktivnih snovi so trajali predvsem deset dni po nesreči, nakar so z različnimi protiukrepi znižali izpuste. Med izpusti so bili radioaktivni plini, kondenzirani aerosoli in delci goriva (visoko radioaktivne snovi). Skupni izpust radioaktivnih snovi je bil približno 14 EBq³. 50% vsega izpusta so predstavljali žlahtni plini. 70% Evrope je bilo kontaminirane nad 137kBq/m².

Znastveniki so se veliko ukvarjali tudi z sekundarnim onesnaževanjem. To je proces, ko se radioaktivnost prenaša iz bolj kontaminiranih na manj kontaminirana območja. Sam prenos radioaktivnih snovi je zapleten proces in je odvisen od številnih dejavnikov : tip

zemlje, vegetaciji, atmosferskih procesov, samih lastnosti pokrajine. Na primer turbulentni atmosferski procesi lahko povzročijo prenos zemlje, kar je odvisno od velikosti in teže delcev. Recimo prav tako je velika možnost prenosa snovi pri kmetijskih delih, ko se dviga veliko prahu. Ta je lažji kot delci zemlje zato je širjenje lažje in sama razdalja je daljša. Dokazano je bilo, da ima Cezij – 137 nagnjenje, da se zniža na območjih z veliko stopnjo radioaktivnosti in, da se poveča na območjih z nizko kontaminacijo radioaktivnih snovi. (povzeto po viru 4)

3.1 TOČKE ŠIRJENJA RADIOAKTIVNOSTI («HOT SPOTS«)

Ustvarile so se med eksplozijo in požarom v reaktorju. Nato so bile pod vplivom zračnih mas prenesene na različne točke. Točke imajo visoko radioaktivnost in so nastale pod vplivom dveh procesov. Z razpadanjem in razhajanjem nuklearne mase ali z kondenzacijo plinskih izpustov. Takšne točke prvega tipa so majhne točke reaktorskega goriva. Zanje je značilno α, β in γ sevanje. Primerjamo ji lahko z tumorjem oziroma infekcijo. Od točke kontaminacije se onesnaženje širi v okolico. Fizična stabilnost točk je zelo visoka.



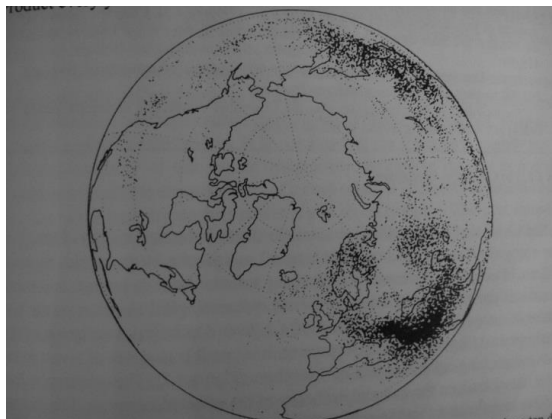
Slika 1: Efektivne doze, ki so jih prejele države prva leta po nesreči [Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki. Ljubljana: 1996]



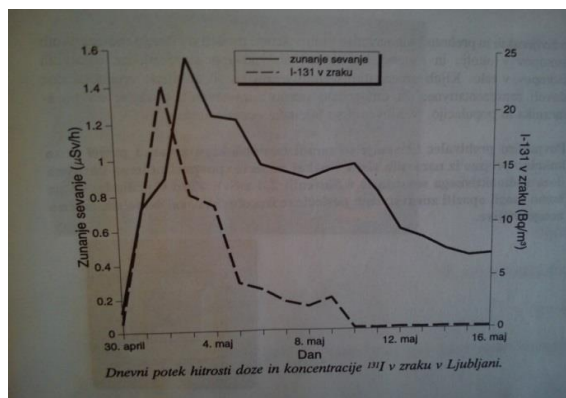
Slika 2: Širjenje radioaktivnega oblaka v dnevih po nesreči [Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki. Ljubljana: 1996]

3.1 ČERNOBILSKI OBLAK

- Ponedeljek, 28.4.1986 so sovjetske oblasti javile novico o nesreči v Černobilu
- Torek, 29.4.1986 je oblak radioaktivnosti dosegel Francijo, Francozi so z letali na rednih progah jemali vzorce
- 30.4.1986 je oblak v celoti zavzel Francijo, bil je že precej razredčen.
- 2.5.1986 oblak je nadaljeval pot v vzhodno Evropo



Slika 3: Izračunana razširjena radioaktivnost snovi 10 dni po nesreči v Černobilu [Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki. Ljubljana: 1996]



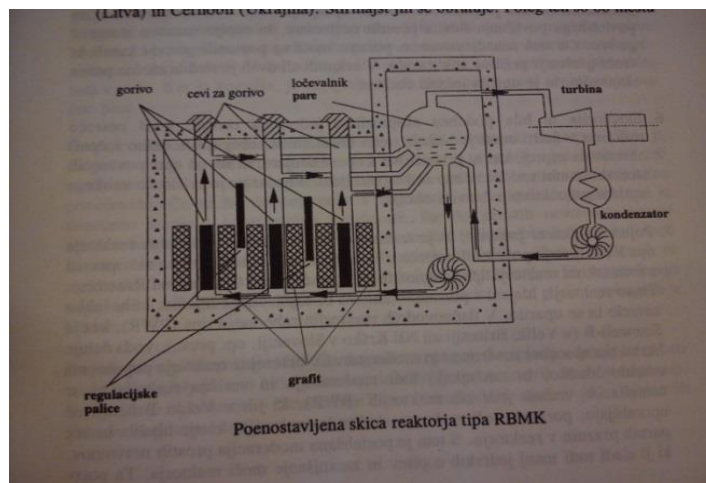
Slika 4: Prikaz kako se je po nesreči spreminjala koncentracija joda v Ljubljani [Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki.

4 REAKTOR TIPA RBMK

Kratice RBMK pomeni kanalni reaktor velike moči. Ta tip reaktorja so razvili sovjeti. V svoje delovanju uporablja vodo, ki je pod pritiskom za hlajenje ter grafit kot moderator. Moč reaktorja je bila 1000 Mwe (električna moč) ali 3200 Mwt (termična moč). Za ta tip reaktorja velja, da ima kar nekaj konstrukcijskih napak. Z uporabo lahke vode za hlajenje in grafita kot moderatorja lahko za gorivo uporabimo kar navadni uran. Posledično to pomeni, da jedrski reaktor ne potrebuje ločenih izotopov. Takšna zasnova pa je nestabilna. Okoli reaktorja se nahaja kovinska struktura, ki je napolnjena z inertnim plinom, da do grafita ne pride kisik. Iz reaktorske sredice je potrebno absorbirati sevanje, zato je okoli reaktorja veliko ščitov. Na dnu je betonski blok, ob stranicah beton in pesek. Na vrhu reaktorja se nahaja velik betonski blok. Cevi pod reaktorjem so zaprte znotraj škatel, ki so neprepustne. Tako v primeru nesreče ostane radioaktivni material v teh škatlah. Pri černobilski nesreči je zaradi zelo visokega pritiska vrh reaktorja eksplodiral in odprl vse vrhnje cevi, ki pa edina niso bile zaščitene zaradi težavnosti dostopa do njih. (Vir 3)

4.1 POZITIVNI KOEFICIENT IZPRAZNITVE

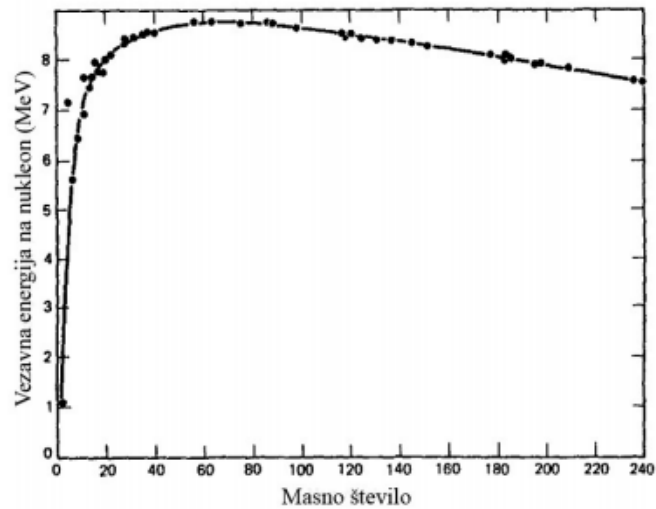
Reaktor je imel velik pozitivni koeficient izpraznitve, kar pomeni, da se jedrske reakcije pospešijo, če se v hladilni vodi začnejo tvoriti mehurčki pare. Če ne pride do takojšnjega posredovanja lahko to vodi do nekontrolirane reakcije.



Slika 3.5: Prikazuje reaktor tipa RBMK [Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki. Ljubljana: 1996]

4.2 DOGAJANJE V REAKTORJU

Jedrski reaktor je naprava, v kateri lahko sprožimo jedrsko reakcijo, jo nadziramo in vzdržujemo pri stalni hitrosti. V jedrskem reaktorju z nevtroni želimo doseči razpad težkih jeder. V termičnem jedrskem reaktorju je gorivo uranov oksid ali kovinski uran. Gorivo je sestavljeno iz dveh vrst urana in sicer dveh njegovih izotopov (uran-235 in uran-238). Cepitev poteka po naslednjem vrstnem redu. Najprej jedro urana-235 absorbira prosti nevtron, nato se jedro razcepi na dva manjša, pri čemer se sprosti veliko energije in dva/tri novi prosti nevtroni. Verižna jedrska reakcija pomeni, da želimo v procesu ohranjati največ en prosti nevtron, ki bo lahko najprej razcepil eno uranovo jedro.



Graf 1: Povezava med vezavno energijo na nukleone in masnim številom [Jure Beričič, Dinamika černobilske nesreče, Ljubljana, 2010]

Vezavna energija na nukleon v atomskem jedru doseže največ 8.7 MeV pri jedrih z masnim številom okrog 50. Možno je dobiti močnejše vezana jedra ter s tem sprostitvev energije z zlitjem lažjih jeter ali razcepom težjega jedra v dve manjši. (Vir 5)

5 RADIOAKTIVNO SEVANJE

Radioaktivnost je pojem, s katerim opišemo vse snovi, ki oddajajo sevanje. Snovi, ki imajo nestabilna jedra so radioaktivne. Nestabilno jedro vsebuje nepravilno število nevtronov in bo prej ali slej oddalo presežek energije z radioaktivnim sevanjem. Tako se bo sprostila napetost v jedru. Presežek energije se oddaja z različnimi vrstami radioaktivnega sevanja. Poznamo sevanje alfa, beta in gama. Sevanje alfa pomeni, da pri razpadu določeni elementi oddajo delec alfa, to je jedro helija. Sevanje alfa zaustavi že list papirja, zato za človeka ni nevarno, saj ne more prodreti niti skozi povrhnjico kože. Takšno sevanje je lahko nevarno samo kadar takšna snov pride direktno v naše telo (npr. z vdihavanjem radona). Pri beta sevanju radioaktivna jedra oddajo beta delec oz. elektron. Tudi to sevanje je lahko zaustaviti, saj nas pred njim relativno dobro zavarujejo že naša oblačila. Ostane še gama sevanje, ki je zelo podobno rentgenskemu sevanju. Sevanje gama se širi z svetlobno hitrostjo. Ko gama sevanje naleti na oviro se oslabi a vseeno nadaljujejo svojo pot. Interakcija sevanja z živo snovjo lahko poškoduje človeške celice, tako da odmrejo ali se spremenijo. Izpostavljenost sevanju se meri z absorbirano energijo na enoto mase (absorbirana doza).

Radioaktivni razpad je pojav, ko nestabilno jedro odda svojo preseženo energijo. V černobilski nesreči se je v okolje sprostila radioaktivna snov imenovana cezij – 137. Cezij ima razpolovni čas 30 let. Poleg cezija se je sproščal tudi jod - 131, ki ima razpolovni čas 8 dni. Razpolovni čas nam pove, kakšen je čas v katerem bo razpadlo pol vseh nestabilnih jeder. Razpad nestabilnih jeder je naključen in ga ni mogoče točno napovedati, ampak lahko z enako zagotovostjo trdimo, da jedra upadajo v vsakem trenutku.

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

Enačba 1: Čas razpadanja

Pri čemer je λ konstanta upadanja.

Razpolovna doba ali čas razpadanja je čas, ki je potreben da polovica radioaktivnih atomov izgine. (Vir 1)

Bq je enota za katero velja : snov v kateri razpade eno jedro na sekundo ima aktivnost en becquerel. Ime je dobila po francoskem fiziku Henriju Becquerelu, ki je prvi odkril radioaktivno sevanje.

5.2 ENOTE ZA MERJENJE SEVANJA

Merjena veličina	Pomen	Stari sistem	Mednarodni sistem
Aktivnost	Število razpadov v sekundi	Curie (Ci)	Becquerel (Bq) 1 Ci = 3,7 * 10 ⁷ Bq
Absorbirana doza	Energija na enoto mase	Rad	Gray (Gy) 1 rad = 0,01 Gy
Ekvivalentna ali efektivna doza	Vpliv sevanja na telo	Rem	Sievert (sv) 1 rem = 0,01 Sv

Tabela 1: Enote za merjenje sevanja (vir 1)

Absorbirana doza¹ – je merilo za absorbirano energijo ionizirajočega sevanja. Določena je kot energija, ki jo sevanje ob prehodu skozi snov preda enoti mase te snovi. Enota je J/kg oziroma Gray.

Ekvivalentna doza² – je merilo za sevalno škodo, prizadeto tkivu zaradi posledice izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju. Enota je sievert Določena je kot zmnožek absorbirane doze D in faktorja relativne biološke učinkovitosti Q:

$$H = Q * D$$

Enačba 2: Ekvivalentna doza

¹ http://sl.wikipedia.org/wiki/Absorbirana_doza [7.12.2013]

² http://sl.wikipedia.org/wiki/Ekvivalentna_doza [7.12.2013]

5.3 KOEFICIENT PRAZNIN

To je številka, ki nam pomaga oceniti kako se bo spremenila reaktivnost jedrskega reaktorja, v primeru, da se spremeni količina praznin v hladilu ali moderatorju. Moderator je v našem primeru (reaktor RBMK) grafit, hladilo pa je voda. Voda je dober moderator nevtronov in absorber. Ko voda vre, nastajajo praznine, ker ima para manjšo gostoto. V prazninah pa se nevtroni slabše moderirajo in absorbirajo. Za moderacijo je poskrbljeno z grafitom, tako ostane več nevtronov za verižno reakcijo. S tem se poveča reaktivnost, koeficient praznin za RBMK je vsaj pri majhnih močeh pozitiven.

Enačba za koeficient praznin α :

$$\Delta P = \alpha \Delta \frac{V_{pare}}{V_{vode} + V_{pare}}$$

Enačba 3: Enačba za izračun koeficienta praznin

P = moč reaktorja

$\alpha < 0$; ko se moč reaktorja zmanjša, ko se poveča delež vodne pare

$\alpha > 0$; ko se moč reaktorja poveča pri povečanju vodne pare

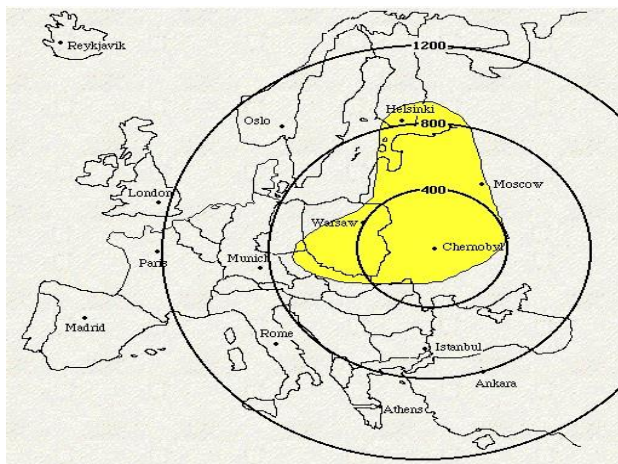
6 RADIOAKTIVNO ONESNAŽENJE

Radioaktivno onesnaževanje ali radiološko onesnaževanje (kontaminacija) je onesnaževanje biosfere z radioaktivnimi snovmi. To so radioaktivne snovi na površinah, na trdnih snoveh, v tekočinah ali plinih. Običajno je posledica nesreč med proizvodnjo radionuklidov (radioaktivni izotopi). Če radioaktivne snovi ne moremo zadržati redčenje predstavlja eno izmed rešitev. Eno izmed rešitev je tudi zadrževanje radioaktivnih snovi. Vir radioaktivnih snovi pa je lahko tudi narava (sevanje iz vesolja in kamnin).

Širjenje radioaktivnih snovi po nesreči v Černobilu je bilo moč zaznati po celem svetu. Poglavitni kriterij ocenjevanja vplivov nesreče na cel svet je bil tveganje za zdravje ljudi v sosednjih državah. Najbolj so bili zaskrbljeni prebivalci vzhodne Evrope in Skandinavije, ki so prejeli večino kontaminacije v prvem tednu in s tem je bilo njihovo zdravje najbolj ogroženo.

Najbolj nevarni izotopi, ki so se sproščali v tej nesreči so bili Cs – 137, I – 131, Sr-90. Razpolovna doba teh izotopov je dovolj dolga, da imajo čas, da jih telo absorbira. Sr-90 in I- 131 v telesu potujeta proti vitalnim organom, kjer jih je nemogoče odstraniti in povzročajo bolezni.

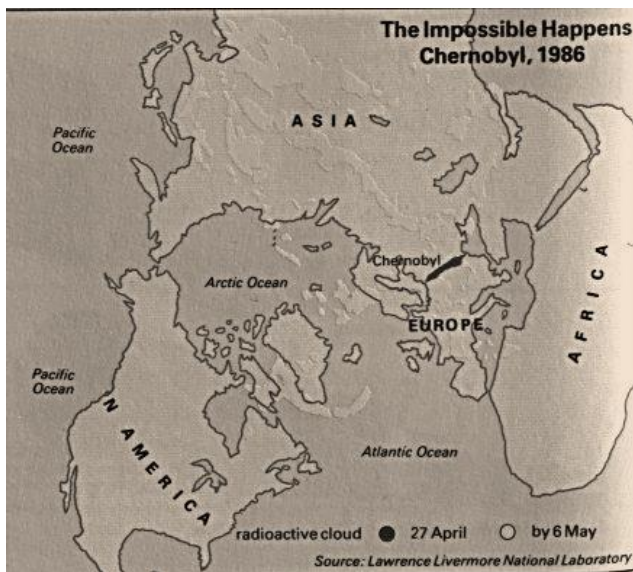
Izpusti iz gorečega grafita so se širili v severozahodni smeri proti Švedski, Finski in nato proti vzhodni Evropi. Ljudje so bili izpostavljeni radioaktivnosti, ki je bila za faktor 100 močnejša od normalne. Zelo resno skrb je povzročala tudi kontaminacija žit in mlečnih izdelkov. To onesnaženje se je širilo preko padavin.



Slika 6: Regije onesnaženja leta 1986

<http://users.owt.com/smsrpm/Chernobyl/glbrad.html>, 5.12.2013]

Ko so oblaki naleteli na vremenske fronte so povzročili številne »vroče točke«, kjer je bila kontaminacija in sevanje med 10 in 100 krat večja kot v bližnjih suhih območjih.



Slika 7: Razpršenost radioaktivnosti po nekaj tednih

<http://users.owt.com/smsrpm/Chernobyl/glbrad.html>, 5.12.2013]

Ko je intenziteta sevanja sčasoma spet padla na normalno raven, je izpostavljenost zaradi absorbiranih radioaktivnih snovi še vedno obstajala. Največja nevarnost je bila posledica I – 131 in sicer v povečani ščitnici.



Slika 8: "Černobilske vroče točke" [<http://users.owt.com/smsrpm/Chernobyl/glbrad.html>, 5.12.2013]

Predvidevanja o žrtvah in posledicah černobilske nesreče so bila precenjena. Širjenje sevanja bodisi preko različnih medijev, zrak, voda omogoča številne poti razširjanja.

Radioaktivne snovi v zraku, lahko vstopajo v telo z vdihavanjem zraka, lahko se absorbirajo preko kože ali jih vnašamo z uživanjem hrane. Izpostavljenost radioaktivnosti takoj po nesreči je zajemala vdihovanje delcev iz zraka in absorpcijo preko kože. Izpostavljenost bi bila zmanjšana na minimum, če bi ljudje ostali v hišah. Največjo grožnjo je predstavljala kontaminacija hrane. In sicer vzrok so padavine, ki so povzročile usedanje radioaktivnih delcev na zemljiščih, poljih in pašnikih. Govedo, ki se je prehranjevalo z travo, ki je bila kontaminirana je preneslo preko svojega telesa kontaminiranost na mleko in konec koncev meso. V primeru kmetijskih zemljišč, se je radioaktivnih prah usedel na pridelkih. Če te pridelke zelo dobro očistimo, je stopnja radioaktivnosti minimalna.

Podobno grožnjo predstavlja kontaminacija vode, zastrupljanje rib in prehajanje radioaktivnih delcev iz vode preko kože. Ribe absorbirajo delce preko kože, škrg,...

(Vir 2)

7 OKOLJE

7.1 POSLEDICE NESREČE

Po eksploziji je nastal radioaktiven oblak (jodovi in cezijeve radionuklidi). Širil se je preko Rusije, Belorusije in Ukrajine, Turčije, Moldavije, Litve, Švedske, Norveške, Avstrije, Češke, Slovaške, Slovenije, Švice, Nemčije, Italije, Francije in Velike Britanije. Prve radioaktivne delce so našli na oblačilih delavcev jedrske elektrarne, ki je bila oddaljena približno 1100 km od Černobila. Kontaminacija je bila različno razporejena zaradi vremenskih razmer.

7.2 VPLIV NA ZDRAVJE

Največji problem je predstavljala kontaminirana hrana. Predvsem je pomembno omeniti velike doze na ščitnico. Takoj po nesreči so problem poskušali rešiti z uživanjem tablet, ki so znižale stabilni jod. Glavni problem za visoke doze na ščitnici ter kasnejši rak na ščitnici je bilo uživanje mleka tistih krav, ki so jih takoj po nesreči krmili z kontaminirano hrano. Poleg hrane je bilo prebivalstvo izpostavljeno nevarnosti tudi preko vode in zraka. Zaradi izpostavljenosti sevanju se je razvil rak ščitnice.

7.3 VPLIV NA OKOLJE

Vplivi na okolje so zajemali radioaktivni izpust, prenos radionuklidov in njihovo akumulacijo v živih bitjih, učinek sevanja na rastline, živali.

Izpusti radionuklidov iz četrtega reaktorja v Černobilu, so se nadaljevali še deset dni po nesreči. Med izpusti so zasledili radioaktivne pline, kondenzirane aerosole in gorivo.

Skupni izpust radioaktivnih snovi je bil okoli 14 EBq^3 . Usled je bil precej različen in je bil povečan na območjih s padavinami. Večina radionuklidov im kratko razpolovno dobo, kar pomeni, da so v večini razpadli. Najbolj pa so skrb povzročali izpusti radioaktivnega joda.

7.4 KONTAMINIRANOST URBANIH PREDELAV

Zaradi površinskega useda radionuklidov so bila najbolj kontaminirane poljščine in rastlinojede živali. Med najbolj prizadete javne površine so spadale trate, parki, ceste, ulice, mestni trgi, strehe, zidovi,... Na območjih, kjer ni bilo padavin so bili najbolj onesnažena drevesa, grmičevje. Na območjih z padavinami pa vrtovi in trate.

7.5 KONTAMINIRANOST KMETIJSKIH OBMOČIJ

Veliko skrbi je povzročal tudi vnos radionuklidov iz zemlje preko koreninskega sistema. Največje probleme sta povzročila radioizotopa cezija predvsem v kmetijstvu. V splošnem se je že po prvih nekaj letih po nesreči prenos radionuklidov na rastlinstvo in živali v kmetijskih sistemih zmanjšal. To je posledica preperevanja, fizikalnega razpada, globinske migracije radionuklidov,... Radioaktivni jod se je hitro absorbiral v mleku, kar je še posebej pri otrocih povzročilo visoke doze na ščitnico

7.6 KONTAMINACIJA GOZDOV

Po nesreči so ugotovili zelo visok vnos radioaktivnega cezija pri rastlinstvu in živalih v gozdovih in gorskih območjih. Najvišje ravni ^{137}Cs so zaznali v gozdnih sadežih, gobah, jagodičevju in divjadi, kar je posledica nenehnega kroženja radioaktivnega cezija. Visoke ravni kontaminacije se prisotne še danes in v številnih državah presegajo dovoljeno mejo. Ker je za drevesa značilno močno filtriranje, je gozd veljal za najhujše prizadeto območje. Sevanje je bilo tako močno, da je uničilo drevesa, ki so ji nato morali odstraniti kot radioaktivni odpadki.

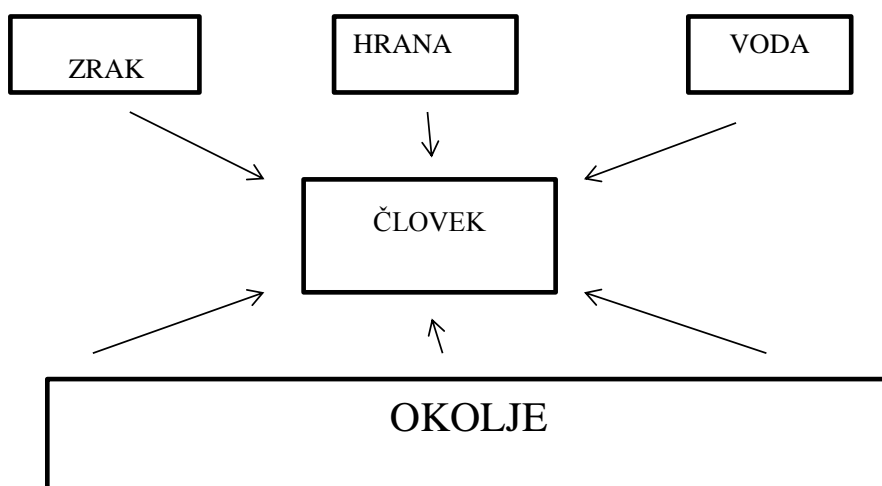
$$TC = \frac{\text{radioaktivnost na kg suhe teže rastline (Bq)}}{\text{radioaktivnost na kg suhe teže zemlje (Bq)}}$$

Enačba 4: Izračun količine prenosa radioaktivnosti iz zemlje na rastline (TC – prenosni koeficient)

7.7 KONTAMINACIJA VODNIH SISTEMOV

Začetno kontaminacijo vodnih sistemov so povzročili radionuklidi, ki so se neposredno usedali na površine rek in jezer. Med njimi najštevilčnejši so bili kratkoživi radionuklidi. Kontaminacija se je hitro zniževala z razredčevanjem, s fizikalnim razpadom in z absorpcijo radionuklidov na stičnih površinah z zemljo. Visok vnos joda so prejele tudi ribe. Bioakumulacija radioaktivnega cezija v vodni prehranski verigi je povzročila znante koncentracije aktivnosti v ribah.

7.8 VPLIV NA LJUDI



Najenostavnejši prikaz prehoda radioaktivnih snovi v človeško telo.

Poglavje 7 je povzeto po viru 1.

8 ZAKLJUČEK

Černobilska nesreča velja za eno največjih katastrof v zgodovini jedrskih elektrarn. Vzroki za nastanek nesrečo so bili tehnični in subjektivni vzroki površnosti tehničnih delavcev. Nesreča je pomenila huda posledice na različnih področjih. Radioaktivno sevanje je zajelo ogromen delež sveta. Tako so posledice Černobilske nesreče v Ukrajini občutili tudi drugi narodi, med njimi tudi Slovenija in države severneje od nas. Sam vzorec prenašanja sevanja ni enoten. Na razširjanje radioaktivnih snovi je vplivalo več različnih dejavnikov. Velik pomen je imelo tukaj vreme (padavine in veter), ki je raznašalo sevanje različne smeri, nato pa tudi same lastnosti snovi, nekatere so bile bolj druge manj dovzetne za sevanje in sprejem radioaktivnega sevanja. Veliko vlogo je odigral tudi čas, saj so radioaktivne snovi z določenim časom razpadle in niso predstavljale strahu. Kratkoživi izotop na primer jod -131, katerega razpolovna doba je 8 dni, je predstavljal strah ker se je kopičil v ščitnici. Ta izotop je v nekaj mesecih razpadel. Od dolgoživih pa je strah vzbujal Cezij-137, katerega razpolovna doba je 30 let in se še danes nahaja v zgornjih plasteh zemlje. Je zelo slabo topen. Rastline ga slabo vsrkavajo, zato hrana ni kontaminirana.

Sama nesreča je povzročila številne smrtne žrtve in bolezni. Natančno število umrlih ni znano. Posledice se predvsem čutijo še v neposredni okolici nesreče, medtem ko drugod po svetu ni več nevarnosti radioaktivnosti. V letih po nesreči se je izvajal temeljit monitoring na področju radioaktivnosti, kar je pripomoglo k obširnemu znanju, ki ga imamo danes na tem področju.

8 VIRI IN LITERATURA

Literatura:

- [1] Björn Wahlström. Spoznajmo radioaktivnost. Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, 1998
- [2] Černobilski forum : Dediščina Černobila: Zdravstveni, okoljski in socialno-ekonomski vplivi ter priporočila vladam Belorusije, Ruske federacije in Ukrajine. Ljubljana, 2006.
- [3] Radko Istenič, Oton Gortnar: Černobil: Nesreča, posledice in nauki. Ljubljana: 1996
- [4] V.K. Savchenko: The ecology of the Chernobyl catastrophe: Scientific Outlines of an International Programme of Collaborative Research. Paris: UNESCO, 1995
- [5] Jure Beričič, Dinamika černobilske nesreče, Ljubljana, 2010

Internetni viri:

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_contamination [1.12.2013]
- [2] <http://users.owt.com/smsrpm/Chernobyl/glbrad.html> [5.12.2013]
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster [5.12.2013]
- [4] <http://www.icjt.org/wp-content/uploads/Cernobil-potek-nesrece.jpg> [13.12.2013]



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

**VULKANI, ZAKAJ PRIDE DO IZBRUHA,
ISLANDIJA, ZAKAJ LETALA NISO SMELA
LETETI, RAZŠIRJANJE PRAHU**

Seminarska naloga pri vajah pri predmetu PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

Študent: Nejc Dežman

Študijski program: Univerzitetni, strojništvo

Smer: Tehniško varstvo okolja

Elektronska pošta: nejc.dezman@guest.arnes.si

Maribor, 25.11.2013

KAZALO VSEBINE

1.0	UVOD.....	3
2.0	VRSTE VULKANOV	4
3.0	DELOVANJE VULKANOV	6
3.1	Sestava vulkana	6
3.2	Ognjeniški material	7
3.3	Lega vulkanov	7
3.4	Širjenje vulkanskega pepela in plinov v atmosferi	8
3.5	Meritve vulkanskega pepela	10
4.0	VPLIV NA LETALSTVO.....	12
5.0	VIRI IN LITERATURA.....	13

KAZALO SLIK

Slika 1:	Žareča lava [12].....	3
Slika 2:	Vulkan havajske vrste [13].....	4
Slika 3:	Vulkan strombolske vrste [14]	5
Slika 4:	Vulkan ognjeniške vrste [15]	5
Slika 5:	Sestava vulkana [16].....	6
Slika 6:	Vulkanski pepel [17].....	7
Slika 7:	Vulkani v Evropi [18]	8
Slika 8:	Izbruh vulkana Eyjafjallajökull [19].....	11
Slika 9:	Dvigovaje vulkanskega prahu [20].....	12

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Definicija razredov stabilnosti ozračja	10
Tabela 2:	Konstante za različne stabilnostne razrede	10

1.0 UVOD

Izsledki raziskav kažejo, da so vulkani pred več kot 3,5 milijarde let morda odigrali ključno vlogo pri ustvarjanju življenja na Zemlji. Znanstveniki so prepričani, da so vulkanski izbruhi pomagali pri ogrevanju Zemlje in s tem zagotovili pline, potrebne za rojstvo življenja. [5]



Slika 1: Žareča lava [12]

Ognjenik (tudi vulkan) je geološka površinska oblika, ki se največkrat pojavlja kot gora ali hrib. Nastane zaradi akumulacije magmatskega materiala, izbruhanega iz notranjosti Zemlje zaradi tamkajšnjih pritiskov.

Velika večina ognjenikov se nahaja pod morsko gladino. V preteklih 10.000 letih je bilo na Zemlji dejavnih 1511 ognjenikov, od katerih jih je v času dokumentirane zgodovine bruhalo 539. Vsako leto pa je ognjeniško aktivnost moč opaziti pri približno 50 do 60 vulkanih. Ognjeniški izbruhi predstavljajo veliko naravno nevarnost za okoliško prebivalstvo, in sicer zaradi tokov lave ali padajočega pepela, pa tudi strupenih plinov. Vsi ognjeniki nastajajo z akumulacijo (usedanjem) magme, ki izbruhne iz odprtih v površini Zemlje, ognjeniških dimnikov. Ti lahko tvorijo tudi celotno ognjeniško verigo.

Material, ki kasneje izbruhne, je ustvarjen globoko pod površino v zgornjem delu plašča, včasih pa tudi v bazi Zemljine skorje, navadno pri globinah med 80 in 100 kilometri pod površjem. [9]

Vulkan (ognjenik) je področje kjer iz notranjosti zemlje na površje prihaja razbeljena lava, kosi strjene lave ali pepel skupaj z vročim plinom. Lava je vroča raztaljena kamnina, ki izteka iz vulkanskega žrela ali skozi razpoke na površje. Dokler se vroča raztaljena kamnina nahaja globoko v notranjosti pod zemeljsko skorjo se imenuje magma. Nastaja najverjetneje nekje v globini med 70 in 45 km pod površjem. Ob ugodnih pogojih, predvsem ob robovih sredoceanskih hrbtov, kjer se razmikajo oceanske plošče, magma počasi prodira navzgor proti zemeljski površini. Če doseže površje v območju oceanov, se ob izlitju v razpokah ali podmorskih vulkanih hitro ohladi in strdi ter tako skoraj neprekinjeno tvori novo skorjo. Večinoma pa se magma kopiči v jamah pod vulkani, ki jih imenujemo magmatsko ognjišče.

Magmatsko ognjišče lahko leži od 10 do 30 km pod površjem, obsega pa lahko več deset kubičnih kilometrov prostornine. V takšnih jamah lahko magma ostane tudi nekaj stoletij preden izbruhne na površje. V magmatskem ognjišču je temperatura okrog 1500 °C, temperatura magme, ki prodre na površje pa znaša od 850 °C do 1200 °C. Ker je magma bolj vroča in lažja kot so kamenine, ki jo obkrožajo, se prične dvigati proti površju. Površino lahko doseže le skozi razpoke, ki se imenujejo dimniki. Plini, ki jih magma vsebuje (ogljikov dioksid, fluor, klor, vodna para.) povečajo pritisk v magmatskih ognjiščih. Ko je pritisk dovolj visok, da lahko magmo potisne proti površju pride do eksplozivnega izbruha. [6]

2.0 VRSTE VULKANOV

Poznamo različne vrste vulkanov, ki se med seboj razlikujejo po načinu njihovega izbruha:
- **vulkani havajske vrste**, ki so razmeroma ploščati, imajo izbruhe z izlivanjem, zelo tekoča **lava** se hito izliva, pri tem pa nikoli ne pride do eksplozije. Redkeje se zgodi, da ostane lava ujeta v **žrelu** in oblikuje jezero, ki lahko prekipi, teče skozi razpoke po vulkanskih pobočjih ter se strjuje. [2,10]



Slika 2: Vulkan havajske vrste [13]

- **vulkani strombolske vrste** pri njih pride po izbruha z izlitjem kot tudi z eksplozijo. Pri nekaterih izbruhih navadno lepljiva lava teče počasi in gradi vulkanska področja, kot so **Stromboli**, **Vezuv** ali **Fudžijama**. Ti vulkani izvržejo tudi trdne snovi različnih oblik in velikosti: največje so bombe, bloki bolj ali manj strnjene lave, najmanjši delci pa so pepel. Te snovi lavo prekrivajo, dokler tudi njih same ne prekrije novo izlitje. [2,10]



Slika 3: Vulkan strombolske vrste [14]

- **vulkani ognjeniške vrste** so mnogo bolj eksplozivni. Ta tip ognjenika silovito bruha trdno lavo. Ob izbruhu se lepljiva lava in kamnine iz vulkanskega dimnika zdrobijo v prah. Ogromna mešanica letečega pepela se dvigne nekaj kilometrov visoko, tak je bil izbruh Pinatube (Filipini) leta 1991, potem, ko je vulkan 600 let miroval. [2,10]



Slika 4: Vulkan ognjeniške vrste [15]

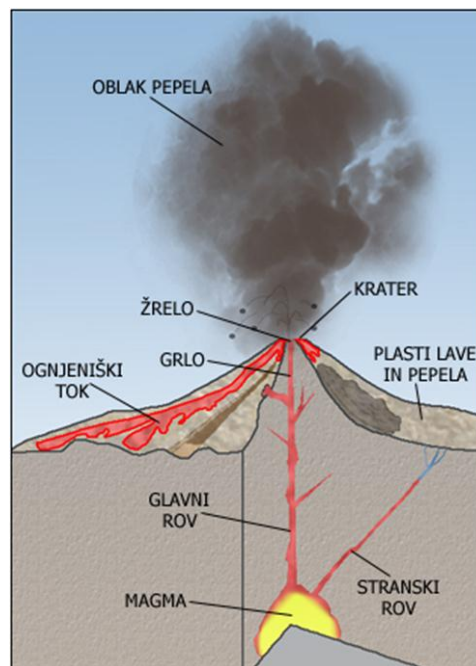
- **Za vulkane vrste Pelèè** so značilne zelo močne eksplozije. Ko lava doseže površje, zaradi prevelike lepljivosti ne more teči. Tako oblikuje kupolo (ali iglo), ki dimnik zamaši. Plini se stiskajo, dokler ne pride do eksplozije. Ko se plini osvobodijo, kupolo vrže v zrak, še pogosteje pa se na vulkanskih pobočjih ustvarijo razpoke. Mešanica zgočih plinov, koščkov strjene magme in pepela se vali po vulkanskih pobočjih: to imenujemo **zareči plazovi ali piroklastični oblak (žareči oblak)**. [2,10]

3.0 DELOVANJE VULKANOV

Vzroki za izbruh: Magma je bolj vroča in lažja kot kamnine, ki jo obkrožajo, zato se dviga. Njeno dviganje ovirajo kamnine nad njo in površje lahko doseže le skozi razpoke in dimnike. Čim večji je pritisk, tem lažje prodira magma navzgor. Plini (vodna para, ogljikov dioksid, fluor, klor...), ki jih magma vsebuje, povečajo pritisk v magmatskih ognjiščih. Ko je pritisk dovolj visok, da lahko požene magmo na površje, pride do eksplozivnega izbruha. [10]

3.1 Sestava vulkana

- **Magmatsko ognjišče:** jama z magmo, ki se nahaja pod vulkanom
- **Dimnik** (vulkanski): del vulkana, skozi katerega se lava in vulkanski plin dvigajo na površje
- **Žrelo** (krater): široka odprtina na koncu vulkanskega dimnika, skozi katero bruhata lava in pepel
- **Lava:** bolj ali manj lepljiva snov, ki se izloči na zemljino površje. Lava v notranjosti zemlje se imenuje magma.
- **Magma:** staljena kamnina, deloma tekoča, ki se oblikuje v notranjosti zemlje in se med ohlajevanjem strjuje.
- **Vulkan:** dvig površja na zemeljski krogli, kjer magma doseže površje in se izlije v obliki lave. To se lahko zgodi na prostem ali pod vodo. [10]



Slika 5: Sestava vulkana [16]

3.2 Ognjeniški material

Ognjeniki bruhaajo tri različne osnovne vrste materiala, in sicer lavo, piroklastični material ter pline. Tip in količina materiala, ki ga vulkan izbruha, sta odvisna od več dejavnikov, med drugim od sestave magme v ognjeniku.

Lava je staljena magmatska kamnina, ki prodre na površje v obliki tekočine. Razdeljena je zlasti po svoji viskoziteti oziroma židkosti.

Piroklastični material: tvorijo vsi kamninski delci, ki jih ognjenik izbruha v zrak. To so največkrat tuf, žindra in vulkanski pepel. Slednjega tvorijo delci, katerih premer je manjši od 2 milimetrov, njihov posebno majhen del (vulkanski prah) pa v premeru meri največ 0,06 mm. Piroklastični delci pa v nekaterih primerih dosežejo izjemne velikosti; t.i. ognjeniške bombe dosegaajo tudi velikosti manjšega avtomobila.

Največji del mešanice plinov v izbruhanem materialu predstavlja **vodna para**, ki nastane iz tekoče vode, s katero je v stik prišla vroča magma. Drugi plini so pred izbruhom vsebina same magme, mnogokrat pa povzročijo za izbruh potreben pritisk in silo. Ker je plin nemalokrat pomešan s piroklastičnimi delci, ima temen izgled. Poleg pare navadno vsebuje še ogljikov in žveplov dioksid ter manjše količine klorovih in fluorovih plinov. [9]



Slika 6: Vulkanski pepel [17]

3.3 Lega vulkanov

Večina ognjenikov se razporeja po določenem znanem redu, in sicer na robovih oziroma stikih tektonskih (litosferskih) plošč. Zraven tega obstajajo pomembne izjeme, tako imenovane vroče točke, ki se pojavljajo na naključnih lokacijah daleč od robov plošč. [9]

Vulkan ali ognjenik nastane tam, kjer magma prodre skozi zemeljsko skorjo in se kot lava razlije po površju. Območja z najintenzivnejšim vulkanskih delovanjem se nahajajo ob stikih med tektonskimi ploščami, znanimi kot ognjeni obroči. Najbolj dejaven ognjeni obroč poteka po obrobju Tihega oceana vzdolž Andov do Aljaske ter od Japonske do Nove Zelandije.

Največ delujočih vulkanov v Evropi je v Južni Evropi, ki se tektonsko danes še precej oblikuje in spreminja. Najbolj znani vulkani so Vezuv v srednji Italiji, Etna na Siciliji, vulkan Stromboli in

Vulkano na Liparskih otokih in vulkan na otoku Santorini v Grčiji. Veliko delujočih vulkanov je tudi na Islandiji.



Slika 7: Vulkan v Evropi [18]

3.4 Širjenje vulkanskega pepela in plinov v atmosferi

Širjenje delcev v atmosferi:

Vulkanski izbruh lahko v atmosfero spusti velike količine vulkanskega pepela in plinov. Vulkanski pepel lahko zavzame velikosti od majhnih (nekaj μm) pa vse do velikih delcev (nekaj mm ali celo cm). Ob največjih izbruhih lahko pepel in plini dosežajo celo do več kot 50 km višine (npr. Pinatubo, Filipini, 1991). Največji delci padejo iz atmosfere relativno hitro, medtem ko lahko manjši delci ostanejo v ozračju več dni ali celo tednov. Ko pepel doseže dovolj veliko višino, ga lahko vetrovi prenašajo z zelo veliko hitrostjo in v različne smeri, kar je posledica pojava zaradi strižnega vetra (sprememba smeri vetra z višino). V zgornji troposferi lahko sunki vetra narastejo tudi do 100 m/s (360 km/h). [10]

Atmosferski delci oziroma aerosoli so drobni trdni in tekoči delci, ki so suspendirani v plinski fazi. Zato pravimo, da je aerosol disperzni sistem. Na osnovi velikosti premera ločimo delce PM_{10} (z aerodinamičnim premerom pod 10 μm), delce $\text{PM}_{2,5}$ (z aerodinamičnim premerom pod 2.5 μm) in delce $\text{PM}_{1,0}$ (z aerodinamičnim premerom pod 1 μm). Glede na izvor ločimo primarne in sekundarne delce. Primarni delci izvirajo iz virov na površini, medtem, ko so sekundarni delci posledica različnih pretvorb v onesnaženi atmosferi. Delci so lahko ali naravnega izvora (npr. cvetni prah, prah, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel) ali antropogenega izvora (posledica izpustov iz energetskih objektov, industrije, prometa, kmetijstva, individualnih kurišč). Glede na izvor so delci različne kemijske sestave, oblike in fizikalnih stanj. [11]

Pri gibanju delcev v atmosferi govorimo o disperznem toku. O njem govorimo, ko je ena faza zvezna (na primer zrak), v njej pa imamo dispergirano (nezvezno) fazo (aerosol). Veter obravnavamo kot nestisljivo tekočino. Če so delci majhni potem je vpliv delca na tekočino-veter zanemarljiv. Faktor od katerega je odvisen tok je Reynoldsovo število.

$$Re = \frac{d_d |\vec{u} - \vec{v}|}{\nu}$$

d_d - premer delca (predpostavimo, da je krogla)

\vec{u} - hitrost tekočine (vetra)

\vec{v} - hitrost delca

ν - viskoznost tekočine (zrak)

Ker je Re za gibanje aerosola v zraku je majhno, velja Navier-Stokesov zakon in je koeficient upora:

$$c_d = \frac{24}{Re}$$

S pomočjo gibalne enačbe delca dobimo izraz za pospešek delca:

$$\vec{a} = \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_d}\right) \vec{g} + 3\pi \frac{\rho_t}{m_d} \nu d_d (\vec{u} - \vec{v})$$

oz. izrazimo samo z gostoto in ob predpostavki, da je delec okrogle oblike:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_d}\right) \vec{g} + 18 \frac{\rho_t}{\rho_d d_d^2} (\vec{u} - \vec{v})$$

\vec{a} – pospešek delca

\vec{v} – hitrost delca

d_d – premer delca

\vec{u} – hitrost tekočine (vetra)

m_d – masa delca

ν - viskoznost tekočine (zrak)

ρ_t – gostota tekočine

ρ_d – gostota delca

Enačba pove, kako se spreminja hitrost delca s časom v odvisnosti od razmerja gostot tekočine in delca, viskoznosti tekočine (vetra), premera delca ter relativne hitrosti tekočina – delec. [1]

Širjenje plina (onesnaževala) :

Gibanje zračnih mas ima vpliv na prenos onesnaževala iz vulkana, zato lahko koncentracijo onesnaževala v točki (x, y, z) opišemo z enačbo:

$$C(x,y,z) = \frac{\dot{m}}{v_x 2 \pi \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$

Kjer so:

\dot{m} - pretok onesnaževala (kg/s)

C – koncentracija onesnaževala v točki (x,y,z)

h – višina vulkana

v_x - hitrost vetra v smeri x

σ_y in σ_z – disperzijski koeficient

Meteorologi so izdelali podrobne študije disperzije onesnaževal v ozračju pod različnimi pogoji pri različnih hitrostih vetra in različnih stabilnostnih razredih ozračja, kjer se upoštevajo posamezni razredi stabilnosti ozračja. [1]

Hitrost vetra m/s	dan			noč	
	Sončno obsevanje			Oblaki prekrivajo	
	močno	srednje	močno	$\geq 4/8$ neba	$\leq 3/8$ neba
< 2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Tabela 1: Definicija razredov stabilnosti ozračja

Rezultat teh študij so empirične povezave med oddaljenostjo od izvora onesnaženja in koeficientoma disperzije σ_y in σ_z za različne stabilnostne razrede. [1]

V horizontalni smeri velja : $\sigma_y = a x^{0,894}$ (m)

in v vertikalni smeri: $\sigma_z = c x^d + f$ (m)

x – oddaljenost od izvora v km

a, c, d, f – konstante za različne stabilnostne razrede navedene v tabeli 2.

razred	a	$x \leq 1\text{km}$			$x \geq 1\text{km}$		
		c	d	f	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61	0,911	0	61	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	0,35	62,6	0,180	-48,6

Tabela 2: Konstante za različne stabilnostne razrede

3.5 Meritve vulkanskega pepela

Postavljajo se vprašanja kje in na kakšni višini se pepel nahaja, kje se bo odlagal in ali ima lahko izbruh daljnosežnejši vpliv na vreme ali podnebje.

Meritve vulkanskega prahu se izvajajo :

- s pomočjo satelitov, ki nosijo senzorje, ki izvajajo meritve v infrardečem spektru
- s pomočjo metode obratne absorpcije (osnovni princip temelji na obnašanju silikatnih delcev, ki so glavna sestavina vulkanskega prahu in vodnih ter ledenih delcev, ki so glavna sestavina oblakov, pri valovnih dolžinah 10 – 12 μm).

- tri kanalna metoda – T algoritem temelji na dveh dvojnih kanalnih testih, ki uporabljata toplotno infrardeče kanale locirane na 10, 8 in 12 μm , hkrati pa uporablja tretji kanal na valovni dolžini 8,7 μm . Prvi test je enak kot pri metodi obratne absorpcije, drugi pa uporablja razliko svetlosti temperature med valovnima dolžinama 8,7 in 10,8 μm .

Meritve vulkanskega prahu v Sloveniji izvajajo raziskovalci Centra za raziskave atmosfere Univerze v Novi Gorici, ki v koordinaciji z Agencijo Republike Slovenije za Okolje spremljajo razširjanje vulkanskega prahu. Center za raziskave atmosfere edini v Sloveniji opravlja meritve daljinskega zaznavanja mikroskopskih delcev v atmosferi s pomočjo laserskega radarja – lidarja. Lidar deluje po principu pošiljanja kratkih usmerjenih laserskih pulzov v ozračje in detekcije dela svetlobe, ki se vzdolž poti laserskega žarka siplje na delcih v ozračju nazaj proti lidarski napravi. Oba lidarja, s katerima razpolaga Center za raziskave atmosfere, sta plod lastnega znanja in razvoja. [7]

Z lidarjem je mogoče z množico zaporednih meritev sipanja laserskega žarka na aerosolih (v tem primeru silikatnih delcih vulkanskega pepela) dobiti višinsko sliko spreminjanja relativne koncentracije teh delcev v ozračju in slediti njihovem gibanju. Več odbite svetlobe na določeni višini pomeni večjo koncentracijo aerosolov na tej višini. Lidarske meritve, ki so jih izvedli mag. Fei Gao, mag. Tingyao He, doc.dr. Darko Veberič in vodja centra prof.dr. Samo Stanič so pokazale, da se je 20. aprila 2010 nad Slovenijo nahajala plast vulkanskega pepela z največjo koncentracijo na nadmorski višini okoli 2600m. Meritve so pripomogle pojasniti odprta vprašanja v zvezi z razširjanjem vulkanskega pepela ognjenika Eyjafjallajökull in k verifikaciji in nadaljnji izboljšavi meteoroloških modelov. [8]



Slika 8: Izbruh vulkana Eyjafjallajökull [19]

4.0 VPLIV NA LETALSTVO

Vulkanski pepel nastane le ob eksplozivnem izbruhu ognjenika. Ob velikem pritisku, ki nastane ob tem se kamnine in magma v trenutku spremenijo v plin in drobne delce. Te delce eksplozija vrže visoko v zrak, kjer obstanejo toliko časa, da se ohladijo nato pa jih veter raznese po okolici, dokler se ne spustijo nazaj na zemljo v obliki različno debele plasti (podobno kot sneg ali pepel). Za razliko od pepela, ki nastane ob gorenju organskih snovi, je vulkanski pepel trd in abraziven in se ne topi v vodi. Na ta način je bolj podoben puščavskemu pesku kot pepelu. Vulkanski prah pa lahko vpliva na letala. Prah je zaradi majhnih delcev nevaren tudi za vse vrste motorjev z notranjim izgorevanjem. Taki motorji namreč za delovanje, potrebujejo zrak, ki pa se dovaja preko filtrov in, ki jih lahko vulkanski pepel zamaši. [4]

Vulkanski prah se pri prehodu skozi motorje letala pri visokih temperaturah lahko pretovori v sklene tvorbe, kar lahko povzroči resne okvare. Eksplozivna vulkanska dejavnost povzroča težave v letalstvu, vendar le večjim reaktivnim letalom, kot je na primer Boeing 747. Turbine večjih letal se med obratovanjem močno segrejejo, tudi preko 700 stopinj Celzija, zato se vulkanski pepel na njih lahko stali in motorji prenehajo delovati. Če je veliko žveplovega dioksida, lahko pride na turbinah tudi do sublimacijske kristalizacije. To se je zgodilo leta 1982, ko je letalo Boeing 747 družbe British Airways letelo nad vulkanom Galunggung v Indoneziji na višini 11.300 metrov ravno v času vulkanskega izbruha. V 16 minutah je letalo izgubilo 3800 metrov višine, nato pa je pilotoma uspelo ponovno zagnati motorje in letalo je zasilno pristalo v Džakarti. Vulkanski prah iz Eyjafjallajökulla, katerega je leta 2010 zaneslo nad Evropo, je bil izredno drobnozrnat (večina delcev je bila velikih manj kot 10 mikrometrov), vendar pa je bila gostota vulkanskega oblaka vsaj 4000-krat manjša, kot je bila nad Galunggungom. [3]

Drugi primer, ki je zelo neugoden za letalo, pa je vidljivost. Vsa okna so zaradi dima tako zdrgnjena, da ni mogoče gledati skozi. Vidljivost je tako rekoč nična. To je tako, kot da bi okna drgnili s smirkovim papirjem. Ali prah vpliva tudi na radar? Prah na letalskem radarju bi se verjetno odrazil kot odsev deževnega oblaka. Letalski radarji merijo premer delcev – večji je delec, močnejši je odziv v letalu, piloti tako pričakujejo hujše vremensko dogajanje. Deževnega oblaka se sicer v tem ne pričakuje. Postopki, ki jih proizvajalci objavljajo, kažejo, da če letalo pride na takšno področje, ga piloti nikakor ne poskušajo preleteti, ne nad oblakom in ne pod njim. Delci so na višini na 13 do 14 tisoč metrov, ki padajo proti tlom, po velikem področju pa jih raznaša tudi veter. Če se pojavi tak oblak, je tako najbolje, da pilot poskuša letalo obrniti in pristati.



Slika 9: Dvigovaje vulkanskega prahu [20]

5.0 VIRI IN LITERATURA

- [1] RAVNIK, Jure (2012). Matematično modeliranje pojavov v okolju. Fakulteta za strojništvo, Maribor, (stran 234 – 238)
- [2] ŽLENDER, Bojan, DOLINAR, Bojana (2010). Geologija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (stran 50-52)
- [3] <http://www.proteus.si/files/file/Arhiv%20Proteus/proteus%20februar%20za%20low2012.pdf> (stran 14, povzeto dne 25.11.2013)
- [4] http://sl.wikipedia.org/wiki/Vulkanski_pepel (povzeto dne 25.11.2013)
- [5] <http://travelover.net/novica/2118/stran65> (povzeto dne 25.11.2013)
- [6] <http://aleszun.tripod.com/e/id1.html> (povzeto dne 25.11.2013)
- [7] http://drugg.fgg.uni-lj.si/3967/1/BGG014_Grabljevec.pdf (stran 6-8, 13, povzeto dne 25.11.2013)
- [8] <http://www.ung.si/sl/novice/999/meritve-vulkanskega-pepela-na-univerzi-v-novi-gorici/> (povzeto dne 25.11.2013)
- [9] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Ognjenik> (povzeto dne 25.11.2013)
- [10] <http://www2.arnes.si/~opoljanelj/projekti/vulkani/delovanje.php> (povzeto dne 25.11.2013)
- [11] http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=399 (povzeto dne 3.12.2014)
- [12] Slika 1: Žareča lava [online] Dostop na URL naslovu:
<http://www2.arnes.si/~opoljanelj/projekti/vulkani/delovanje.php> (povzeto dne 25.11.2013)
- [13] Slika 2: Vulkan havajske vrste [online] Dostop na URL naslovu:
<https://www.google.si/search?q=vulkani+havajske+vrste&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=OA-3UpSgLMiItAbfkYGIDA&ved=0CCoQsAQ&biw=1680&bih=946> (povzeto dne 25.11.2013)
- [14] Slika 3: Vulkan strombolske vrste [online] Dostop na URL naslovu:
<https://sl.m.wikipedia.org/wiki/Slika:DenglerSW-Stromboli-20040928-1230x800.jpg> (povzeto dne 25.11.2013)
- [15] Slika 4: Vulkan ognjeniške vrste [online] Dostop na URL naslovu:
https://www.google.si/search?q=pinatube+vulkan+slike&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=ye3UqeQA4LbswagkYH4Bw&ved=0CCoQsAQ&biw=1680&bih=946#facrc=&imgdii=&imgrc=BwamFuShvll9M%3A%3B1uv8tQKEQA1p1M%3Bhttp%253A%252F%252Fmeteoplanea.rs%252Fwpcontent%252Fuploads%252F2011%252F05%252F800pxPinatubo91eruption_plume.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fmeteoplanea.rs%252F2011%252F05%252F05%252Fvulkani-i-njihov-uticaj-na-tok-istorije%252F%3B800%3B534 (povzeto dne 25.11.2013)
- [16] Slika 5: Sestava vulkana [online] Dostop na URL naslovu:
http://mss.svarog.si/geografija/index.php?page_id=10911 (povzeto dne 25.11.2013)
- [17] Slika 6: Vulkanski pepel [online] Dostop na URL naslovu:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:MtStHelensAsh1980eruption.jpg> (povzeto dne 25.11.2013)
- [18] Slika 7: Vulkani v Evropi [online] Dostop na URL naslovu:
http://egradiva.gis.si/web/7.-razred-geografija/potresi-vulkani?p_p_id=GOST09P01WAR_GOS_T09_P01portlet_INSTANCE_4Hmi&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&ppcol_id=column-2&p_p_col_count=7 (povzeto dne 25.11.2013)
- [19] Slika 8: Izbruh vulkana Eyjafjallajökull [online] Dostop na URL naslovu:
<http://www.bigpicture.si/archives/41834> (povzeto dne 25.11.2013)
- [20] Slika 9: Dvigovaje vulkanskega prahu [online] Dostop na URL naslovu:
<http://www2.arnes.si/~opoljanelj/projekti/vulkani/TMPkj64gq8jp.htm>



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

ADSORPCIJA KOT PROCES, S KATERIM ODSTRANJUJEMO ONESNAŽEVALA

Seminarska naloga pri predmetu **PRENOSNI POJAVI V OKOLJU**

Avtorica: Urška Drozg

Vpisna št.: S1018051

Smer in letnik študija: tehniško varstvo okolja, 2. letnik

Študijsko leto: 2013/14

Mentor: dr. Jure Ravnik

Kazalo vsebine

1. ADSORPCIJA	3
2. ODSTRANJEVANJE ONESNAŽEVAL IZ VODE S POMOČJO AKTIVNEGA OGLJA	5
3. VIRI IN LITERATURA	9

Kazalo slik

Slika 1: adsorpcija	3
Slika 2: notranja struktura aktivnega oglja.....	5
Slika 3: shema adsorpcije na aktivnem oglju s sistemom za regeneracijo.....	6
Slika 4: primer Freundlichove izoterme (prekrivnost v odvisnosti od koncentracije za vrednost $K_f = 4$)	7
Slika 5: primer Langmuirjeve izoterme (prekrivnost v odvisnosti od koncentracije).....	8

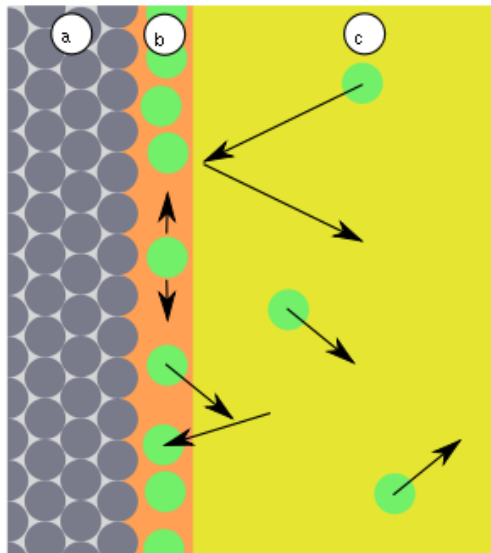
1. ADSORPCIJA

Adsorpcija je zelo pogosto uporabljen fizikalno-kemijski proces, ki se vrši na molekularni ravni. Pri adsorpciji gre za sposobnost nekega substrata (ki mu pravimo tudi adsorbent - ta je čvrsta snov v trdnem agregatnem stanju), da na svoji površini veže oziroma adsorbira molekule plina ali raztopljenih snovi. [3]

Proces je v celoti odvisen od površine adsorbenta in se vrši do vzpostavitve adsorpcijskega ravnotežja oziroma meje nasičenja adsorbenta. To ravnotežje pa je močno odvisno od lastnosti para adsorbat/adsorbent, ter od koncentracije in temperature adsorbata (adsorbat je adsorbirana snov). [3]

Proces, ki poteka v nasprotni smeri imenujemo desorpcija.

Komentar slike: a) adsorbent, b) adsorbat na mejni plasti, c) adsorbat



Slika 1: adsorpcija [wikipedia, 12. 12. 2013]

Molekule in atomi adsorbenta lahko med seboj reagirajo na dva načina:

a) FIZIKALNO – govorimo o fizikalni adsorpciji

Za fizikalno adsorpcijo so značilne Van der Waalsove sile med molekulami in atomi adsorbenta in substrata. Stopnja fizikalne adsorpcije je v največji meri odvisna od razpoložljive površine adsorbenta in je povezana s kondenzacijo onesnaževala v mikro razpokah adsorbenta, pri čemer se sprostijo tudi zelo majhna množina toplote.

Proces fizikalne adsorpcije je zelo hiter in povračljiv tako, da lahko pri nekoliko višji temperaturi ali zmanjšanem tlaku hitro preide ves substrat v prvotno stanje. Zato je vzdrževanje obratovalnih pogojev adsorpcijskih naprav zelo velikega pomena. [1]

b) KEMIJSKO – govorimo o kemijski adsorpciji

V primeru kemijske adsorpcije se molekule adsorbenta in onesnaževala (molekule plina ali kapljevine) združijo na osnovi kemijske vezi, pri čemer so molekule onesnaževala močno vezane na trdo površino z valenčnimi vezmi.

Kemijska adsorpcija poteka dosti počasneje kot fizikalna, predvsem na račun izmenjave atomov posameznih molekul, ki se izvrši kot posledica kemijske reakcije med adsorbentom in onesnaževalom. Pri kemijski adsorpciji se sprostijo tudi veliko več toplote. Pri nizkih temperaturah je proces kemijske adsorpcije tako počasen, da ga je možno brez težav eksperimentalno analizirati.

V večini primerov je proces kemijske adsorpcije nepovraten, količina adsorbiranega onesnaževala pa je odvisna predvsem od tlaka in temperature. [1]

Tipi adsorbentov:

- aktivno oglje,
- sintetični polimeri
- adsorbenti na osnovi silicijevih (Si) spojin
- naravni (slama, žagovina, ostanki školjk ...) [4]

Adsorpcije ne smemo enačiti z absorpcijo, saj gre pri tej za vpijanje ter raztapljanje snovi v drugih snoveh.

2. ODSTRANJEVANJE ONESNAŽEVAL IZ VODE S POMOČJO AKTIVNEGA OGLJA

Zaradi velike specifične površine ($600-1200 \text{ m}^3/\text{g}$) in spremenljive cene, je aktivno oglje daleč najbolj razširjeno adsorpcijsko sredstvo za odstranjevanje nečistoč iz odpadnih vod. Pripravlja se najprej kot oglje iz organskih materialov (mandlji, kokos), iz ostalih materialov, ki vsebujejo npr. volno, kosti, ter iz premoga. Oglje aktiviramo tako, da delce izpostavimo oksidiranim plinom (npr. para, CO_2), pri visoki temperaturi (med 800 in $900 \text{ }^\circ\text{C}$). Ti plini, pod takšnimi pogoji razvijejo porozno strukturo v oglju, ki tvori veliko površino. [4]

Za adsorpcijo na površini aktivnega oglja sta odgovorna dva mehanizma:

- Kemična adsorpcija

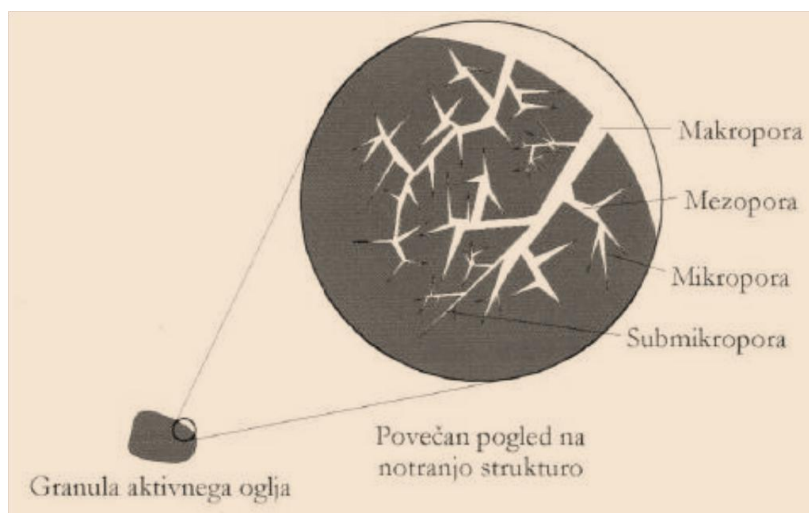
Zanjo so odgovorne interakcije med nečistočami in površino aktivnega oglja.

- Fizična adsorpcija

Gre za kondenzacijo nečistoč v mikroporozni strukturi aktivnega oglja. [4]

Adsorpcija se lahko pojavi na:

- zunanji površini,
- makroporah (velikost: $> 25 \text{ nm}$),
- mezoporah ($> 1 \text{ nm}$ in $< 25 \text{ nm}$),
- mikroporah ($< 1 \text{ nm}$) [4]

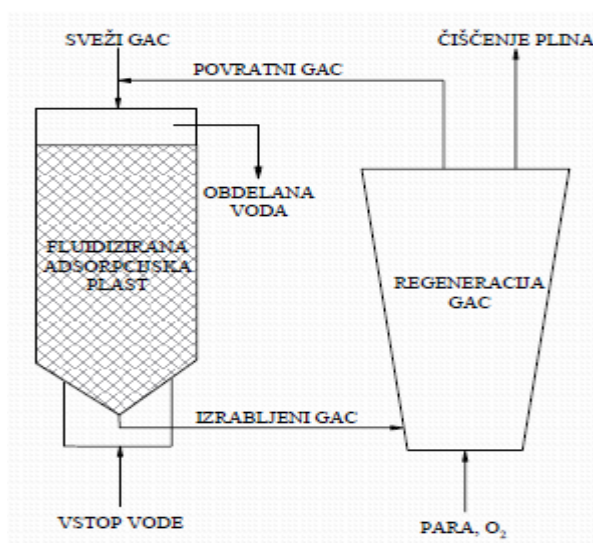


Slika 2: notranja struktura aktivnega oglja [4]

Adsorpcijska kapaciteta aktivnega oglja je proporcionalna aktivni površini. Kapaciteta je višja pri nižjih temperaturah ter pri adsorpciji iz bolj koncentriranih raztopin. Hitrost adsorpcije kontrolira hitrost difuzije nečistoč v porozno strukturo aktivnega oglja. Hitrost narašča z naraščanjem temperature in z koncentracijo nečistoč v odpadni vodi. [3]

Na aktivnem oglju se adsorbirajo praktično vse v vodi raztopljene organske snovi, nečistoče ki niso biološko razgradljive, tudi neraztopljene nečistoče (npr oljne kapljice). [1]

Negativna lastnost adsorpcije na aktivnem oglju je ta, da sama po sebi ne rešuje dokončnega uničenja nečistoč, ker le-te ostanejo vezane na oglju (potrebna je regeneracija). [1]



Slika 3: shema adsorpcije na aktivnem oglju s sistemom za regeneracijo [<http://www.ibw-system.si>, 12. 12. 2013]

Ekonomična uporaba aktivnega oglja je odvisna od učinkovitosti regeneracije in reaktivacije (ponovne uporabe) aktivnega oglja po tem, ko je dosežena maksimalna adsorpcijska kapaciteta. Pri tem procesu se izgubi 4 – 10% adsorptivne kapacitete. Količina adsorbata, ki se lahko odstrani je funkcija: lastnosti ter kapacitete adsorbata in temperature. [4]

Proces je običajno opisan z **adsorpcijskimi izotermami**, kar pomeni: količina adsorbata na adsorbent (kot funkcija koncentracije pri konstantni temperaturi). [4]

Po končani adsorpciji se določi koncentracija preostalega adsorbata v raztopinah. Izračuna se tudi koncentracija adsorbata na adsorbentu, po enačbi:

$$\frac{x}{m} = \frac{(c_0 - c_e)V}{m}$$

x ... masa adsorbiranega adsorbata (mg adsorbata),

m ... masa adsorbenta (g aktivnega oglja),

C_0 ... začetna koncentracija adsorbata (mg/L),

C_e ... koncentracija adsorbata po adsorpciji (mg/L)

V ... volumen. [4]

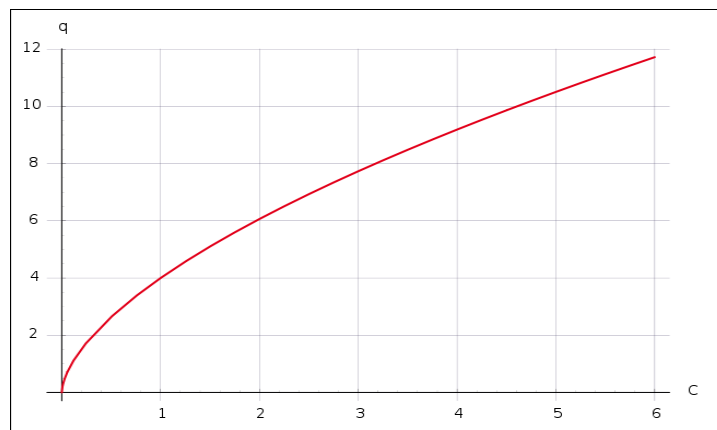
Ti podatki, (izračunali smo C_e), se nato uporabijo za razvoj adsorpcijskih izoterm.

➤ Najbolj uporabna je **Freundlichova izoterma**.

Njegova enačba izoterme predpostavlja, da ima adsorbent heterogeno površino na kateri so adsorpcijska mesta z različnim potencialom, in da se molekule adsorbirajo na vse vrste adsorpcijskih mest, ter se glasi:

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{\frac{1}{2}}$$

K_f ... Freundlichov faktor kapacitete (mg adsorbata/g aktivnega oglja) (L vode/mg adsorbata)^{1/2}. [4]



Slika 4: primer Freundlichove izoterme
(prekrivnost v odvisnosti od koncentracije za vrednost $K_f = 4$) [wikipedia, 12. 12. 2013]

➤ Znana je tudi **Langmuirjeva adsorpcijska izoterma**.

Langmuir je kot prvi (leta 1916) izpeljal kvantitativno teorijo adsorpcije plina. Njegova enačba temelji na dveh predpostavkah:

- na površini adsorbenta je na voljo določeno število dosegljivih mest, vsa mesta pa imajo enako energijo,
- adsorpcija je reverzibilna (povračljiva).

Ravnotežje je doseženo takrat, ko je hitrost adsorpcije molekul na površino enaka hitrosti desorpcije molekul iz površine.

Enačba:

$$\frac{x}{m} = \frac{a b C_e}{1 + b C_e}$$

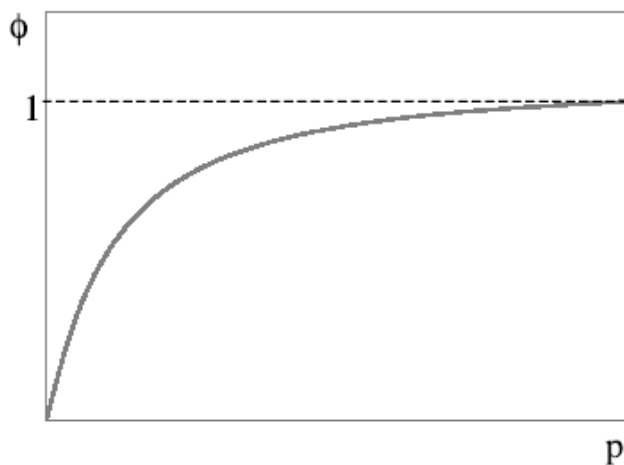
x ... masa adsorbiranega adsorbata (mg),

m ... masa adsorbenta (g),

a ... empirična konstanta, merilo adsorpcijske kapacitete (mg/g),

b ... empirična konstanta, merilo adsorpcijske energije (mg^{-1}),

C_e ... koncentracija adsorbata po adsorpciji (mg/L). [4]



Slika 5: primer Langmuirjeve izoterme
(prekrivnost v odvisnosti od koncentracije) [wikipedia, 12. 12. 2013]

3. VIRI IN LITERATURA

[1] Samec Niko, Lobnik Aleksandra. Okoljsko inženirstvo: učbenik. Maribor, Tiskarna tehniških fakultet v fakulteti za strojništvo, 2009.

[2] Adsorption [svetovni splet]. Dostopno na WWW:

<http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/Adsorb/adsorb.htm> [5. 12. 2013]

[3] Teodor Štimec, Jure Ravnik, Sani Bašič, Matjaž Hriberšek. Sodobni adsorbenti v obliki adsorpcijskih satovij: ekolist [svetovni splet]. Dostopno na WWW:

http://www.ekolist.si/documents/08_S078.pdf [5. 12. 2013].

[4] Simona Vajnhandl. Fizikalno-kemijsko čiščenje odpadnih vod: seminar-ekologija in okoljevarstvo. Zapiski iz predavanj. Maribor, 17. 12. 2012.



Seminarska naloga pri predmetu prenosni pojavi v okolju

Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo



Ime in priimek: Marko Rožič

Vpisna številka: S1018020

Program in stopnja študija: Tehniško varstvo okolja, 1. Stopnja

Smer in letnik študija: Tehniško varstvo okolja, 2. Letnik

Študijsko leto: 2013/2014

Mentor:izr. prof. dr. Jure Ravnik

Maribor, december 2013

Kazalo vsebine

1	Odpadna voda.....	3
2	Čiščenje odpadnih voda	3
2.1.	Predčiščenje komunalne odpadne vode.....	4
2.2.	Primarno čiščenje komunalne odpadne vode	5
3.	Biološko čiščenje odpadnih voda.....	7
3.1.	Kinetika razgradnje organskih snovi in odstranjevanja hraniv	9
3.2.	Šaržni biološki reaktor	9
4.	Kemijski postopki čiščenja odpadnih voda.....	10
4.1.	Kemična oksidacija	10
4.2.	Oksidacija v tekoči fazi	10
4.3.	Dezinfekcija	11
4.4.	Kloriranje	11
4.5.	Ultravijolična dezinfekcija	11
5.	Napredni postopki čiščenja odpadnih voda.....	12
5.1.	Adsorbcija	12
5.2.	Globinska filtracija.....	12
6.	Viri	13

Kazalo slik

Slika 1:	Shema poteka čiščenja odpadne vode.....	4
Slika 2:	Grablje in bobnasto sito za predčiščenje.....	4
Slika 3:	Shema okroglega usedalnika.....	6
Slika 4:	Sile na gibajoči delec v vodi	6
Slika 5:	Shema enostopenjske biološke čistilne naprave	8
Slika 6:	Metabolizem anaerobnih heterotrofov	9
Slika 7:	Anaerobna razgradnja	9

1 Odpadna voda

Opadna voda je onesnažena voda, ki nastaja iz hišnih odpadnih snovi, človeških in živalskih odpadkov, industrijskih obratov ter padavinskih odtokov. V osnovi je odpadna voda tok porabljene vode iz naseljenih območij, farm ali industrije. Komunalna odpadna voda vsebuje okoli 99,9% vode ter 0,1% raztopljenih ali suspendiranih snovi. Narava odpadne vode vključuje fizikalne, kemijske in biološke lastnosti. (Roš, 2010)

Najpomembnejša fizikalna lastnost odpadne vode so celotne trdne snovi, sestavljene iz plavajočih snovi, usedljivih snovi, koloidnih delcev in raztopljenih snovi. Ostale pomembne fizikalne lastnosti vključujejo porazdelitev trdnih delcev, motnost, barvo, prepustnost, temperaturo, prevodnost, koncentracijo in specifično maso. (Roš, 2010)

2 Čiščenje odpadnih voda

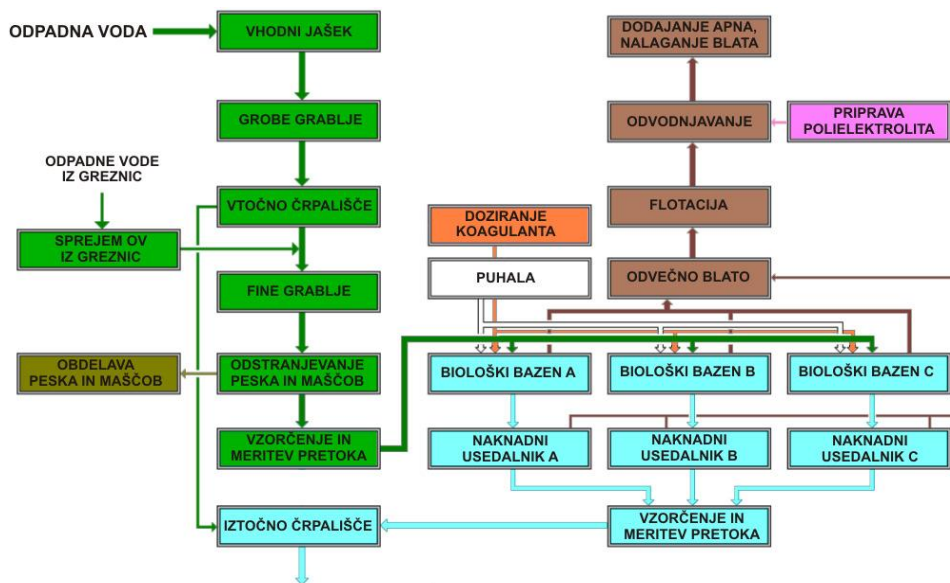
Osnovni cilj čiščenja odpadnih vod je, da pretvorimo odpadne snovi, prisotne v odpadni vodi, v stabilne oksidirane končne produkte, ki jih lahko varno odvajamo v površinske vode brez kakršnih koli škodljivih učinkov na okolje. (Roš, 2010)

Čiščenje odpadne vode je kombinacija ločenih procesov čiščenja, ki so dimenzionirani za pridobivanje iztoka določene kakovosti iz odpadnih vod (vtoka), znane kakovosti in pretoka. Čistilna naprava je običajno dimenzionirana tako, da ima iztok BPK₅ pod 20 mg/L in suspendiranih snovi pod 30 mg/L. (Roš, 2010)

Pri čiščenju odpadne vode uporabljamo vrsto fizikalnih, kemijskih in bioloških postopkov, ki se mnogokrat med seboj dopolnjujejo in sovplivajo, odvisno od vrste in sestave odpadne vode oziroma snovi, ki jih je potrebno iz nje odstraniti. V čistilnih napravah se iz odpadne vode najprej odstranjuje večje mehanske delce (grobo čiščenje), nato suspendirane snovi (primarno oziroma mehansko čiščenje), po mehanskem čiščenju pa teče odpadna voda v biološko stopnjo (sekundarno čiščenje), kjer se odstranjujejo organske razgradljive snovi. Po osnovnem biološkem čiščenju lahko odstranjujemo tudi hraniva (N in P spojine), kar poteka tudi na biološki način (terciarno čiščenje). Za končni proces pred iztokom iz čistilne naprave se lahko vpelje še dezinfekcija (uničevanje patogenih organizmov). (Roš, 2010)

Čiščenje odpadne vode lahko razdelimo na:

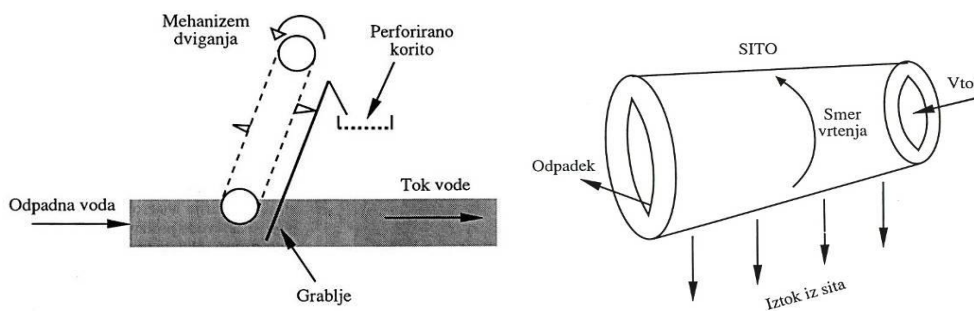
- mehansko čiščenje,
- kemijsko čiščenje,
- fizikalno-kemijsko čiščenje,
- biološko čiščenje,
- napredno čiščenje.



Slika 1: Shema poteka čiščenja odpadne vode (Lobnik, 2009)

2.1. Predčiščenje komunalne odpadne vode

Prva stopnja čiščenja surove odpadne vode pri značilni komunalni čistilni napravi je grobo čiščenje z grabljami, siti in peskolovom, v nekaterih primerih pa tudi mletje grobih delcev. Odstranjevanje delcev je lahko ročno ali avtomatizirano. Te postopke imenujemo s skupnim imenom predčiščenje, včasih tudi grobo čiščenje. Surova odpadna voda običajno vsebuje veje, kamenje, steklenice, koščke kovin, razkosane tkanine, itd. Ti predmeti lahko povzročijo oviranje zbiralnega sistema, poškodbe črpalk, mašenje cevi in zmanjšanje volumna odpadne vode, ki teče v čistilno enoto. To lahko povzroči zmanjšanje učinka čiščenja in s tem odtokanje onesnaževal v sprejemnike. (Roš, 2010)



Slika 2: Grablje in bobnasto sito za predčiščenje (Roš, 2010)

Naslednja stopnja po grobem čiščenju (za grabljami) je odstranjevanje specifično težjih snovi, ki se ne nabirajo na grabljah. To so predvsem anorganske in organske snovi v odpadni vodi, ki ne razpadajo in se ne razgrajujejo. Sem sodijo pesek, gramoz, mivka, pepel, kavna usedlina, razne lupine in semena, cigaretni filtri, itd. Peskolov je razširjen kanal ali več vzporednih kanalov, v katerih se hitrost toka odpadne vode močno upočasni, do približno 0,3 m/s. Zaradi upočasnjenega toka se pesek in druge bistveno težje snovi od vode usedejo. Organske snovi se čistijo v nadaljnjih stopnjah, pesek se strojno transportira v za to pripravljen zabojsnik, s katerim ga odpeljejo na čiščenje in potem v nadaljnjo uporabo. (Roš, 2010)

2.2. Primarno čiščenje komunalne odpadne vode

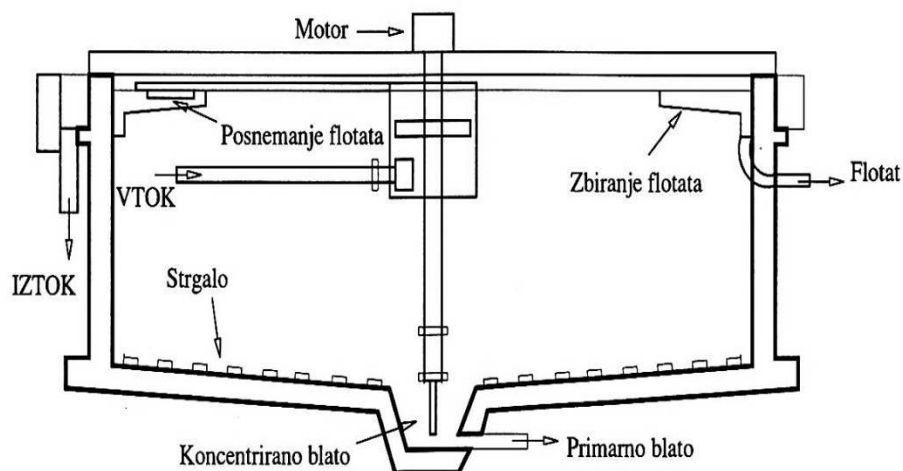
S primarnim čiščenjem odstranjujemo iz odpadne vode lahko usedljive in plavajoče snovi v bazenih, skozi katere se zmanjša hitrost toka odpadne vode. Kanalizacijski sistemi so grajeni tako, da je hitrost toka najmanj 0,6 m/s in tako zaradi relativno hitrega toka, trdne snovi ostajajo v suspenziji. Po čiščenju večjih trdnih delcev na grabljah, se hitrost toka v peskolovu zmanjša na približno 0,3 m/s, tako se odstranijo težje snovi, lažje organske snovi pa še vedno ostanejo v suspenziji. Če se hitrost toka vode zmanjša pod 0,3 m/s, se začnejo usedati težje trdne snovi (primarno blato), lažje snovi pa splavajo na površino.

Na površju se formirajo pene, ki vsebujejo poleg lažjih organskih delcev tudi maščobe in olja. Te pene se posamejno s površja vode, se dehidrirajo ter odložijo na komunalno deponijo ali kako drugače obdelajo. (Roš, 2010)

Značilni učinki odstranjevanja snovi v primarnem čiščenju so:

- 90 do 95 % za trdne usedljive snovi,
- 50 do 65 % za suspendirane snovi,
- 20 do 35 % za BPK5.

Usedalniki so lahko različnih oblik. Pri dolgih pravokotnih kanalih teče voda z enega konca do drugega, strgala na dnu pa potiskajo usedeno blato k zbirniku pri vtoku. Pri okroglih usedalnikih voda doteka na sredino, teče proti zunanjemu robu, usedline pa se zopet s strgali odpravljajo k sredini, kjer se koncentrirajo in prehajajo v naslednje stopnje. Zadrževalni čas v usedalniku, kljub počasnemu, laminarnemu toku ne sme presegati nekaj ur, zaradi nastanka zasičenih anaerobnih con, ki bi povzročile rast anaerobnih bakterij in posledično gnitje ter smrad. Primarni usedalniki so ponavadi projektirani tako, da je zadrževalni čas odpadne vode v njih 1 do 2 uri. (Roš, 2010)

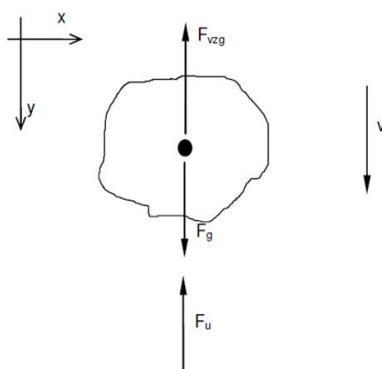


Slika 3: Shema okroglega usedalnika (Roš, 2010)

Navadne usedalnike, ki temeljijo le na usedanju delcev, počasi izpodrivajo nove in hitrejše tehnologije mehanskega koncentriranja odpadne organske mase. Sem prištevamo predvsem flotatorje, obarjalnike in filtratorje.

Večje čistilne naprave največkrat združujejo več elementov primarnega čiščenja. (Roš, 2010)

Sedimentacija je postopek fizičnega odstranjevanja trdega netopnega materiala iz vode, pri čemer je najpogosteje uporabljena tehnika na osnovi gravitacijske sile. V odvisnosti od karakteristik in koncentracije suspendiranih delcev lahko sedimentacijo delimo na več tipov. Najpreprostejši primer sedimentacije (usedanja) je prisotnost diskretnih delcev trdih snovi v redki suspenziji odpadne vode. (Lobnik, 2009)



Slika 4: Sile na gibajoči delec v vodi (Lobnik, 2009)

Na delec v mirujoči vodi delujeta najmanj dve sili in sicer sila teže F_g in Arhimedova sila vzgona F_{vzg} . Gonilna sila sedimentacije F_{net} , v smeri katere se giblje delec, je v tem primeru enaka razliki obeh sil saj je njuna smer delovanja nasprotna.

$$F_{net} = F_g - F_{vzg} = (\rho_d - \rho_v)g \cdot V_d$$

kjer je ρ_d – gostota delca, ρ_v – gostota vode, g – zemeljski pospešek in V_d – prostornina delca oziroma volumen izpodrinjene vode. (Lobnik, 2009)

Koagulacija se uporabi v primeru, da je sedimentacijska hitrost delcev premajhna. To je princip združevanja delcev v večje skupke, da se lahko hitreje izločajo s sedimentacijo. Proces koagulacije je odvisen od izbire in pravilnega doziranja koagulantov, ki pospešuje združevanje delcev, kot primerna pa sta se pokazala aluminijev sulfat in železov klorid. Če so nastali kosmiči še vedno premajhni, da bi se usedali ali flotirali, je možno dodajanje sintetičnih polimerov (flokulacija), ki povzročijo nastanek razvejanih kosmičev, ki se lažje usedajo. Z dodatki kemijskih koagulantov se lahko delež čiščenja za nekatere parametre, kot so fosfor in fekalni koliformni poveča tudi za več kot dvakrat. (Roš, 2010)

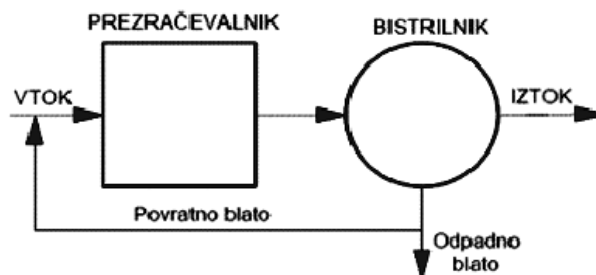
Flotacija je postopek čiščenja odpadnih voda za ločevanje kapljevinaste in trdne faze, pri čemer želimo delce naplaviti na površje vode. Ta postopek uporabimo v primerih, ko klasična sedimentacija ali koagulacija, zaradi premajhne gostote delcev ni učinkovita. Pri postopku flotacije dosežemo razliko med gostoto delca, ki ga želimo naplaviti in med gostoto okoliške kapljevine tako, da na plavajoče delce "pritrdimo" mehurčke zraka. Hitrost ločevanja faz pri flotaciji v sodobnih tehničnih napravah je do 300 mm/min, hitrost sedimentiranja istih delcev v klasičnem usedalniku pa je manjša od 30 mm/min, kar je posledica zelo majhne razlike v gostoti med lebdečimi delci in vodo. (Lobnik, 2009)

Filtracija pri modernem postopku čiščenja odpadnih voda nastopa kot zaključni postopek ločevanja zelo majhnih delcev, ki jih ni bilo mogoče izločiti s predhodnimi postopki mehanskega čiščenja (sedimentacija, koagulacija, flotacija,...). V izjemnih primerih pa lahko filtracija predstavlja primarni proces čiščenja surove vode zaradi kalnosti ali motnosti. (Lobnik, 2009)

3. Biološko čiščenje odpadnih voda

Sekundarno ali biološko čiščenje odpadne vode se doseže s pomočjo daljšega zadrževanja odpadne vode in biološke reakcije mikroorganizmov, ki zagotavljajo biološko presnovo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Za to so potrebni večji zadrževalni bazeni, v katerih se fizikalne procese in reakcije mikroorganizmov pospešuje s pomočjo dodatnega dovajanja zraka ali kisika v odpadno vodo.

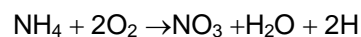
Princip biološkega čiščenja je naslednji: odpadna voda iz predčiščenja in primarnega čiščenja priteka v prezračevalni bazen, kjer so že razvite kolonije mikroorganizmov v aktivnem blatu. Odpadna voda dovaja hraniva (N in P) in organsko snov (ogljik), ki služi kot vir energije za nadaljnjo razrast mikroorganizmov. Količino organske snovi v odpadni vodi merimo s pomočjo parametra BPK5. Optimalno razmerje med organsko snovjo, dušikom in fosforjem, za potek mikrobne aktivnosti je BPK5 : N : P = 100 : 5 : 1. Organska snov se nato s pomočjo dovedenega kisika pretvarja v celično maso, vodo in oksidirane produkte, predvsem CO₂. Nastalo celično maso imenujemo aktivno blato, ki poleg mikroorganizmov vsebuje še inertne suspendirane snovi in nerazgradljive suspendirane snovi. Čiščena voda se nato iz prezračevalnika gravitacijsko preliva v usedalnik, ki ga imenujemo tudi bistrilnik. V naknadnem usedalniku se suspendirana aktivna biomasa loči od čiščene vode z usedanjem. Čiščena voda izteka v površinski vodotok oz. v nadaljnje postopke čiščenja. (Roš, 2010)



Slika 5: Shema enostopenjske biološke čistilne naprave (Roš, 2010)

Biološko čiščenje odpadnih voda samo po sebi ni zadovoljiv postopek čiščenja odpadne vode, ampak se ga uporablja v kombinaciji z drugimi, prej omenjenimi postopki (mehanski, kemijski). Pri biološkem čiščenju gre predvsem za odstranjevanje organskih razgradljivih snovi s pomočjo mikroorganizmov. Proces temelji na sposobnosti mikroorganizmov, da uporabljajo raztopljene in koloidne organske substance v vodi kot nutiente. (Lobnik, 2009)

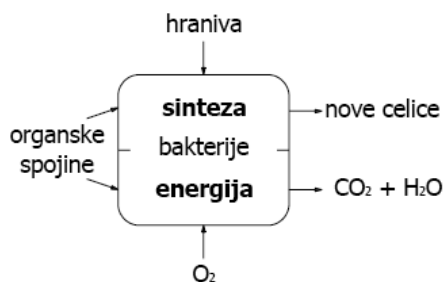
S klasičnim biološkim čiščenjem se poleg približno 80% organskega ogljika odstrani samo okoli 24% dušika in 29% fosforja, s čimer pa se njegove posledice za bilanco kisika v odvodniku ne preprečijo. Problematika sodobnega čiščenja odpadnih voda je izredno kompleksna in dopušča širok spekter možnih rešitev, ki pa se glede bistva samih bioloških procesov med seboj bistveno ne razlikujejo. Dušikove spojine v odpadni vodi so v večini primerov prisotne v obliki organskih dušikovih spojin med katerimi prevladuje amonijak in amonij. Biološko odstranjevanje amonijaka poteka tako, da se pretvori v nitrit in nato v nitrat. To opravita dve različni vrsti organizmov v prisotnosti kisika. Kot je razvidno iz spodnje reakcije v primeru amonija, se v procesu nitrifikacije tvorijo vodikovi protoni, kar pomeni, da se pH raztopine znižuje. (Lobnik, 2009)



3.1. Kinetika razgradnje organskih snovi in odstranjevanja hraniv

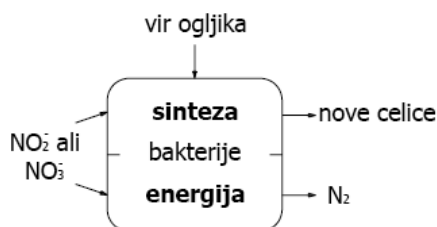
Biološko čiščenje odpadne vode lahko poteka pri različnih oksidacijsko-redukcijskih pogojih:

- **Aerobni pogoji.** Pri tem procesu se organske snovi v prisotnosti kisika pretvorijo v vodo, ogljikov dioksid in biomaso. Pretvorba poteka s heterotrofnimi mikroorganizmi. Mikroorganizmi uporabljajo kot akceptor elektronov raztopljeni kisik. Torej mora biti za aerobne mikroorganizme v sistemu (v prezračevalniku) prisotna zadostna koncentracija raztopljenega kisika (nad 0,5 mg/l). (Lobnik, 2009)



Slika 6: Metabolizem anaerobnih heterotrofov (Lobnik, 2009)

- **Anaerobni pogoji.** Anaerobni proces je podoben aerobnemu, le da bakterije uporabljajo kisik iz nitrita in nitrata, zato v sistemu ne sme biti prisoten raztopljeni kisik. Pri postopku nastaja ogljikov dioksid, voda in elementarni dušik. V anaerobnih razmerah se NO₃ porablja, kot akceptor elektronov v procesu denitrifikacije. To poteka pod vplivom nekaterih heterotrofnih organizmov, ki uporabljajo nitrat za vir kisika pri anaerobnem dihanju. (Lobnik, 2009)



Slika 7: Anaerobna razgradnja (Lobnik, 2009)

3.2. Šaržni biološki reaktor

Šaržni reaktor je različica biološkega postopka čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom, ki deluje pod različnimi spreminjajočimi se pogoji s kontinuiranim pretokom. Šaržni reaktor deluje tako, da se lahko različni postopki kot so prezračevanje, usedanje in odstranjevanje odvečnega blata izvajajo v istem bazenu z diskontinuiranim pretokom. Šaržni reaktorji so se razvili v industriji kot postopki prečiščenja odpadne vode. Šaržni reaktorski sistem uporablja preprosto tehniko polnjenja in praznjenja, kjer se odpadna voda dovaja v reaktor, se očisti nezaželenih snovi in na koncu izloči.

Čistilni cikel je zajet v petih fazah. Te so: polnjenje, reagiranje, usedanje, odstranjevanje in prosti tek.

Šaržni reaktorji so zelo prilagodljivi pri majhnih dotokih, saj lahko sprejmejo različne volumne odpadne vode. Vsekakor pa visoki dotoki odpadnih vod vplivajo na kakovost čiščenja. (Roš, 2010)

Primarno čiščenje pripravi odpadno vodo za biološko (sekundarno) čiščenje. Veliki in manjši trdni delci se izločijo na sitih oziroma v primarnih usedalnikih. Izravnalni bazen pa poskrbi za izravnavo pretokov in koncentracij na vstopu v primarno čiščenje. Precej starejših čistilnih naprav ima le primarni in sekundarni del. Potreba po dodatnih, ti. terciarnih procesih pa se je pojavila kot posledica zaostrovanja zakonskih predpisov. Ti dodatni procesi so običajno dokaj specifični, saj so namenjeni odstranjevanju določenih tipov nečistoč. (Lobnik, 2009)

4. Kemijski postopki čiščenja odpadnih voda

Z adsorpcijo na aktivnem oglju ter raznimi oblikami kemične oksidacije odstranjujemo organske molekule. Procesi detoksifikacije se uporabljajo za predpripravo odpadnih voda v primerih, ko le-te vsebujejo strupene organske in anorganske snovi, ki bi sicer lahko negativno vplivale na biološko razgradnjo. Ti procesi se uporabljajo tudi v primerih, ko želimo iz odpadne vode odstraniti specifične nečistoče, ki sicer niso toksične, a tudi ne biološko razgradljive. (Lobnik, 2009)

4.1. Kemična oksidacija

Pri kemični oksidaciji oksidiramo organske in anorganske nečistoče v odpadni vodi s pomočjo kemičnih oksidantov, oksidacijski potencial pa je odvisen od posameznega oksidanta. Fluor se zaradi izredne agresivnosti ne uporablja za čiščenje odpadne vode. Hidroksilni radikal (OH) je izredno močan oksidant, ki se v večji ali manjši meri tvori v vseh sistemih, kjer je oksidacija nečistoč rezultat redukcije kisikovih atomov. Na področju tehnoloških odpadnih vod se kemična oksidacija uporablja za predpripravo odpadne vode za biološko čiščenje, poliranje biološko prečiščene vode pred izpustom (terciarno čiščenje) ali pa kot samostojno enostopenjsko čiščenje. Izjeme so primeri, z nizkimi pretoki odpadne vode, kjer se kemična oksidacija uporablja le za delno oziroma selektivno odstranjevanje KPK-ja. (Lobnik, 2009)

4.2. Oksidacija v tekoči fazi

Uporablja se za čiščenje strupenih (biološko razgradljivih) odpadnih voda, katerih vsebnost nečistoč se giblje med 10–150 mgO₂/L KPK. To so odpadne vode, ki so po eni strani preveč razredčene, da bi jih lahko na ekonomičen način sežigali, po drugi strani pa preveč koncentrirane za kemično oksidacijo. Zaradi relativno visokih investicijskih stroškov je oksidacija v tekoči fazi običajno primerna za odpadne vode s pretoki višjimi od 1 m³/h.

Uporablja se za čiščenje odpadnih vod iz kemijske, petrokemijske, farmacevtske, papirne in celulozne industrije.

Pomembna je tudi njena uporaba za odstranjevanje blata iz bioloških čistilnih naprav. Oksidacija v tekoči fazi je neprimerna za odstranjevanje kloriranih aromatskih spojin, amonijaka, oetne kisline in še nekaterih lahko hlapnih organskih spojin. (Lobnik, 2009)

4.3. Dezinfekcija

Komunalne čistilne naprave ponavadi niso narejene tako, da bi popolnoma odstranjevale patogene bakterije iz odpadne vode. Če se čiščene odpadne vode uporabi za zalivanje vrtov in rekreacijskih površin, lahko pride do prenosa patogenih mikroorganizmov na ljudi in živali. V takih primerih se zahteva dezinfekcija čiščene odpadne vode pred izpustom v okolje ali namakanjem. Postopki, uporabljeni za dezinfekcijo, so kloriranje, ozoniranje, dezinfekcija z UV svetlobo in ultrafiltracija. (Lobnik, 2009)

4.4. Kloriranje

Klasična dezinfekcija s klorom poteka z uvajanjem plinskega klora ali raztopine natrijevega hipoklorida v vodo. Danes se te postopke opušča, ker ostajajo v čiščeni odpadni vodi še vedno prisotni ostanki organskih snovi, ki reagirajo s klorom in tvorijo škodljive snovi za zdravje ljudi. Zaradi škodljivega vpliva že manjše koncentracije klora na vodne organizme, se je začel uvajati sistemi za deklorinacijo. Poznamo več vrst deklorinacije iztoka iz čistilne naprave, najpogosteje se uporablja dodajanje kemikalij, kot so:

- žveplov dioksid (SO₂), za uporabo je varnejši in enostavnejši,
- natrijev metabisulfid,
- natrijev bisulfit,
- natrijev tiosulfat. (Roš, 2010)

4.5. Ultravijolična dezinfekcija

Obsevanje z UV svetlobo je varnejši tip dezinfekcije, ki pa zahteva zelo bistro vodo. Močne žarnice vsebujejo živosrebrne pare, katerih atomi v vzbujenem stanju emitirajo UV-C sevanje, ki v nekaj sekundah uniči DNA prisotnih celic.

Četudi celice slučajno preživijo, je replikacija njihove DNA onemogočena. Problem lahko nastane če so v odtoku iz čistilne naprave še vedno prisotni suspendirani delci, ki vsebujejo železove spojine ali huminske kisline združene v kosme, ki absorbirajo UV svetlobo in ta ne prodre dovolj globoko za popolno dezinfekcijo. Metoda je z veliko uporabo v zadnjem času postala cenovno dostopnejša, tako da je uporabna tudi za male čistilne naprave. (Roš, 2010)

5. Napredni postopki čiščenja odpadnih voda

Napredni postopki čiščenja odpadnih voda temeljijo na obravnavi potreb po odstranjevanju organskih snovi in celotnih suspendiranih snovi iz tistega, kar je mogoče doseči s konvencionalnimi sekundarnimi postopki čiščenja, ki ustrezajo strožjim zahtevam za odvajanje vode v sprejemnik in zahteve po ponovni uporabi obdelane vode. (Roš, 2010)

Za napredne postopke čiščenja pa so pomembne tudi potrebe po odstranjevanju specifičnih organskih (težke kovine) in anorganskih (pesticidi) spojin ter potrebe po odstranjevanju nutrientov, da bi omejili evtrofikacijo občutljivih vodnih teles. (Roš, 2010)

Najpomembnejši napredni postopki čiščenja so:

- globinska filtracija
- membranska filtracija
- adsorbpcija
- ionska izmenjava

5.1. Adsorbpcija

Adsorbpcija je proces akumulacije snovi iz raztopine na primerni površini, proces masnega prenosa, pri katerem se komponenta iz tekoče faze prenese na trdno fazo. Adsorbat je snov, ki se odstranjuje iz tekoče faze na mejno površino adsorbent pa je trdna, tekoča ali plinasta faza, v katero se adsorbat akumulira. Čeprav se adsorbpcija za čiščenje odpadnih vod ni uporabljala pogosto, se zaradi potreb po vedno boljšem iztoku, vključno z zmanjšanjem strupenosti njena uporaba povečuje. Osnovni tipi adsorbentov vključujejo aktivno oglje, sintetične polimere in adsorbente na osnovi silicijevih spojin. (Roš, 2010)

5.2. Globinska filtracija

Globinska filtracija vključuje odstranjevanje trdnih snovi, ki so suspendirane v tekočini, s prehajanjem tekočine skozi filtrirno podlago, ki vsebuje granuliran ali stisljiv material. Čeprav je globinska filtracija ena od osnovnih enot, ki se uporablja za pripravo pitne vode, postaja vedno bolj razširjena tudi globinska filtracija iztokov iz procesov čiščenja odpadnih voda. Globinska filtracija se uporablja za doseženo dodatno odstranjevanje suspendiranih snovi iz iztoka, uporablja pa se tudi kot stopnja predčiščenja za membransko filtracijo. (Roš, 2010)

6. Viri

- [1] Lobnik Aleksandra, Samec Niko. Okoljsko inženirstvo. Fakulteta za strojništvo Maribor. Maribor 2009.
- [2] Roš Milenko, Zupančič Gregor. Čiščenje odpadnih voda. Visoka šola za varstvo okolja. Velenje 2012.

Razširjanje radioaktivnih snovi po nesreči v Fukušimi

Seminarska naloga pri prenosnih pojavih v okolju

Izdelala: Vanja Spahič
TVO 2. LETNIK
1.stopnja

Mentor: prof. dr. Jure Ravnik

Maribor, 11.12.2013



Kazalo

1. UVOD	3
2. RADIOAKTIVNOST	3
2.1. Kaj je radioaktivnost?	3
2.2. In še bolj podrobna definicija	4
2.3. DOZA SEVANJA	5
2.3.1. Najpomembnejše dozne omejitve	6
2.4. Tipične doze sevanj	6
3. NESREČA 11.3.2011	7
4. POSLEDICE	10
5. ŠIRJENJE RADIOAKTIVNOSTI PO MORJU	11
6. VIRI.....	14
Slika 1: Poplavljeni Japonska	3
Slika 2: Delci skozi materiale	7
Slika 3: Reaktorji v Fukušimi I.	8
Slika 4: Reaktor.....	9
Slika 5: Majhen spomenik tistim, ki so izgubili življenje v tsunamiju	10
Slika 6: Mutirani metulji zaradi radioaktivnosti	11
Slika 7: Širjenje radioaktivne vode	13

1. UVOD

Jedrska katastrofa v elektrarni Fukušima - Daiči je nastala kot posledica močnega potresa in cunamija 11. marca 2011 ob 15. uri in 42 minut na Japonskem. Jedrska nesreča v elektrarni Fukushima-Daichi obsega serijo odpovedi opreme, jedrska taljenja in izpustov radioaktivnih snovi, ki so posledica potresa in cunamija. Elektrarna je imela šest ločenih reaktorjev z vrelo vodo, ki jih je načrtovalo in zgradilo podjetje GE, vzdrževalo pa jih je podjetje Tokyo Electric Company (TEPCO). Nesreča v Fukušimi je največja jedrska nesreča po Černobilu iz leta 1986, obenem pa je od černobilske nesreče bolj zapletena, saj se je okvarilo več reaktorjev, ki pa na srečo v atmosfero niso spustili toliko jedrskih snovi.



Slika 1: Poplavljena Japonska (Vir: Internet)

2. RADIOAKTIVNOST

2.1. Kaj je radioaktivnost?

Radioaktivnost je pojav, ko jedra nestabilnih atomov (radionuklidov) prehajajo v stabilno stanje in pri tem oddajajo energijo v obliki ionizirajočega sevanja.

Za vsak radionuklid sta značilna vrsta sevanja, ki ga jedro odda, in njegov razpolovni čas.

Radioaktivna jedra izsevajo pri razpadu različne masne delce z veliko kinetično energijo ali pa oddajajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja. Različne vrste izsevanih žarkov so poimenovali žarki *alfa*, *beta* in *gama*.

Delci *alfa* so dvakrat pozitivno nabiti teški delci, ki sestojijo iz dveh protonov in dveh nevtronov. So v bistvu jedra elementa helija.

Delci *beta* so negativno ali pozitivno nabiti lahki delci z maso elektrona. Žarki gama so elektromagnetno valovanje s kratkimi valovnimi dolžinami oz. z visokimi energijami.

Radioaktivna jedra so različno dolgo v nestabilnem stanju. Čas, v katerem razpade polovica začetnih jeder, imenujemo *razpolovni čas*. Razpolovni časi obsegajo zelo široko območje, od manj kot tisočinke sekunde pa do sto milijard let.

Število razpadov radioaktivnih jeder v časovni enoti je merilo za aktivnost vira. Enota za aktivnost je *becquerel (Bq)*, ki pomeni en razpad v sekundi. Aktivnost 50 Bq pomeni, da razpade 50 radioaktivnih jeder v sekundi. Vir [3]

2.2. In še bolj podrobna definicija

Radioaktivnost je razpad atomskih jeder, naravnih ali umetnih: $A=B + b$. Pri tem se sprosti sevanje b , ki je pri razpadu naravnih jeder bodisi sevanje α (jedra helija) ali sevanje (pozitroni z nevtrini oziroma elektroni skupaj z antinevtrini).

Ti dve vrsti razpadov pogosto spremlja sevanje γ (fotoni). Jedro A pri razpadu pogosto preide iz danega začetnega stanja z lastno energijo $W_A = M_A c^2$ (poznana Einsteinova enačba $E=mc^2$) v določeno končno stanje jedra B z lastno energijo $W_B = M_B c^2$, kjer sta M_A in M_B masi začetnega in končnega jedra. Jedro B ostane pogosto v vzbujenem stanju in ima zaradi tega nekoliko povečano lastno energijo. Pri razpadu γ preide jedro A iz bolj vzbujenega stanja v manj vzbujeno stanje, zato sevanje γ pogosto sledi izsevu delca. Razliko med W_B in W_A odnese delčno sevanje delno kot lastno energijo delca (lastna energija delca α je 3727,4 MeV, lastna energija elektrona je 0,511 MeV), delno pa s kinetično energijo. Značilna kinetična energija delcev α je 5 MeV, maksimalna energija delcev β v zveznem spektru je pogosto okrog 1 MeV. Pri razpadu γ je celotna energija fotona kar enaka razliki $W_A - W_B$. Njena značilna vrednost pri radioaktivnih razpadih je 1 MeV. Energija delcev α in fotonov je diskretna, saj sta energiji W_A in W_B diskretni. Energija delcev β pa je zvezno porazdeljena. Razpoložljivo energijo si elektron in antinevtrin delita v vseh možnih razmerjih.

Radioaktivna jedra razpadajo statistično, vendar je povprečna verjetnost za razpad na enoto časa od izotopa do izotopa močno različna. Ker jedra razpadajo neodvisno drugo od drugega, je relativni delež jeder dN/N , ki v danem izviru razpadejo v času dt , sorazmeren temu času, ne glede na to, ali je v izviru pripravljenih več ali manj radioaktivnih jeder:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$



kjer je λ razpadna konstanta z enoto s^{-1} . rešitev te diferencialne enačbe je eksponentna funkcija $N = N_0 e^{-\lambda t}$ kjer je N_0 število radioaktivnih jeder ob začetku merjenja časa in je $e=2,718$ osnovna naravnih logaritmov.

Enačba je izpeljana ob predpostavki, da je izvir močan, tako da v vsakem hipu (dt) razpade nekaj jeder (označili smo jih z dN).

Nazoren pomen razpadne konstante vidimo iz podatka, da v razpadnem času t , ko velja $\lambda t = 1$ oziroma $\tau = \frac{1}{\lambda}$ pade število radioaktivnih jeder od N na N/e , to je približno na $1/3$.

Zvezo pogosto pišemo tudi kot:

$$N = N_0 e^{\lambda t} = N_0 e^{-t/z} = N_0 2^{-1,44\lambda t} = N_0 2^{-t/0,69z} = N_0 2^{-t/t_{1/2}}$$

Vrednost $t_{1/2} = 0,69t$ imenujemo razpolovni čas in ima nazoren pomen. To je čas v katerem se število radioaktivnih jeder zmanjša na polovico začetne vrednosti, pa naj bo to N_0 ali kakšna druga vrednost, saj velja:

$$N\left(t + t_{\frac{1}{2}}\right) = \frac{1}{2}N(t)$$

Saj velja tudi:

$$N(t + \tau) = \frac{1}{2}N(t)$$

Količina t pomeni tudi povprečno življenjsko dobo jeder. Dobimo jo tako, da seštejemo vse življenjske dobe in jih delimo s celotnim številom jeder.

$$\langle t \rangle = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t dN = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \frac{tdN}{dt} dt = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \frac{N_0}{\tau} t e^{-t/z} dt = \tau$$

Izmerjene povprečne življenjske dobe izotopov, ki jih najdemo v tabelah, so med 10^{-9} s in 10^{15} let (10^{23} s). Vir: [8]

2.3. DOZA SEVANJA

Enota za aktivnost je Bq vendar pa nam sama aktivnost radioaktivnega vira izražena v Bq nič ne pove o njegovi nevarnosti. Vir sevanja, ki ima aktivnost 100 milijonov Bq je lahko popolnoma neškodljiv, če je od nas oddaljen 100 metrov, ali pa smrtonosen, če ga pojemo. Za opis nevarnosti sevanja

potrebujemo drugo enoto, ki nam pove, kolikšno energijo sevanja je absorbiralo določeno tkivo in kolikšna je temu ustrezna biološka škoda. To količino imenujemo doza sevanja.

V mednarodnem sistemu enot je osnovna enota za dozo sevanja *sivert* (Sv). V praksi pa se pogosteje uporablja tisoči na siverta - to je *milisivert* (mSv). V nekaterih državah še vedno uporabljajo enoto *rem* in njeno tisočino *milirem*. $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ in obratno: $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$ ter $1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$. (Za sevanje gama je rem enakovreden rentgenom $1 \text{ rem} = 1 \text{ R}$.)

2.3.1. Najpomembnejše dozne omejitve

Poklicno izpostavljeni delavci

- povprečno do 20 mSv na leto
- največ 50 mSv na leto
- med nosečnostjo manj kot 2 mSv na leto

Prebivalstvo:

- povprečno 1 mSv na leto
- izjemen posamezni dogodek do 5 mSv

Pri teh omejitvah so izvzete doze sevanja naravnega ozadja in doze, prejete pri morebitnih medicinskih pregledih.

2.4. Tipične doze sevanj

Poklicno izpostavljeni delavci:

- povprečno od 1 do 3 mSv na leto
- posamezni primeri tudi do 20 mSv na leto

Rentgensko slikanje pljuč:

- okoli 1 mSv na pregled
- posamezni pregledi od 0,1 do 10 mSv

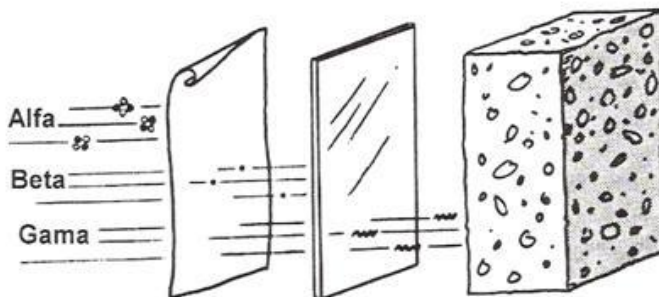
Daljši rentgenski pregled:

- do 20 mSv na pregled

Plinasti radon po domovih:

- povprečno od 2 do 4 mSv na leto
- posamezni primeri od 0,2 do 500 mSv na leto

Sevanje alfa in beta so hitri delci z veliko energije. Delec alfa je helijevo jedro, delec beta pa elektron. Ker imata oba delca svojo določeno težo in prostornino, ju ni težko zaustaviti. Tretja vrsta sevanja - sevanje gama - pa je elektromagnetno valovanje (foton) z veliko energije. Ker to sevanje ni delec z določeno prostornino in težo, ga je težko ustaviti. Skozi zrak potuje daleč in ima znatno prodorno moč. Sevanje gama brez težav preide skozi vaše telo, pri čemer se seveda njegova jakost nekoliko zmanjša. Tega sevanja ne moremo zaustaviti s tankimi plastmi materiala in lahko vstopi v vsako snov. Njegovo moč znatno oslabijo le precej debele plasti snovi. Gostejše, "težje" snovi nas bolj ščitijo pred sevanjem gama.



Slika 2: Delci skozi materiale (vir: <http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost.html>)

3. NESREČA 11.3.2011

Jedrska elektrarna v Fukušimi vsebuje šest reaktorjev z vrelo vodo, ki jih je zgradilo podjetje General Electric. Skupna moč reaktorjev je ocenjena na 4,7 GW (gigavatov), kar uvršča elektrarno Fukušima I med petindvajset največjih elektrarn na svetu.

Lokacija	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4	Reaktor 5	Reaktor 6	Centralno skladišče
Gorilni elementi (enot)	400	548	548	0	548	764	0
Porabljeni gorilni elementi (v enotah)	292	587	514	1331	946	876	6375
Gorivo	UOx	UOx	UO ₂ /MOX	UOx	UOx	UOx	UOx/MOX

Tabela 1.v času nesreče je bilo v reaktorjih in osrednjem skladišču toliko gorivnih elementov (Vir: http://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_katastrofa_v_elektrarni_Fukušima-Daiči)

V času potresa z magnitudo 9.0, se je reaktor 4 ravno izpraznil, 5. in 6. sta bila v mirovanju za načrtovano vzdrževanje. Preostali reaktorji so se samodejno izklopili, medtem ko so varnostni generatorji začeli z varnostnim ohlajevanjem reaktorjev.

Celoten obrat je bil poplavljen s 15 metrskim cunamijem, vključno z nizko ležečimi generatorji in električnimi stikali v kleti reaktorja. Prav tako je cunami poplaval zunanje črpalke za oskrbo morske vode, ki se uporablja za hlajenje. Priključitev na električno omrežje je bilo uničeno, ko je cunami uničil električne vode. Vse moči za hlajenje so bile izgubljene in reaktorji so se začeli pregrevati, zaradi naravnega razpada cepitvenih produktov, ki so bili ustvarjeni pred zaustavitvijo. Poplave so ovirale in onemogočale zunanjo pomoč.

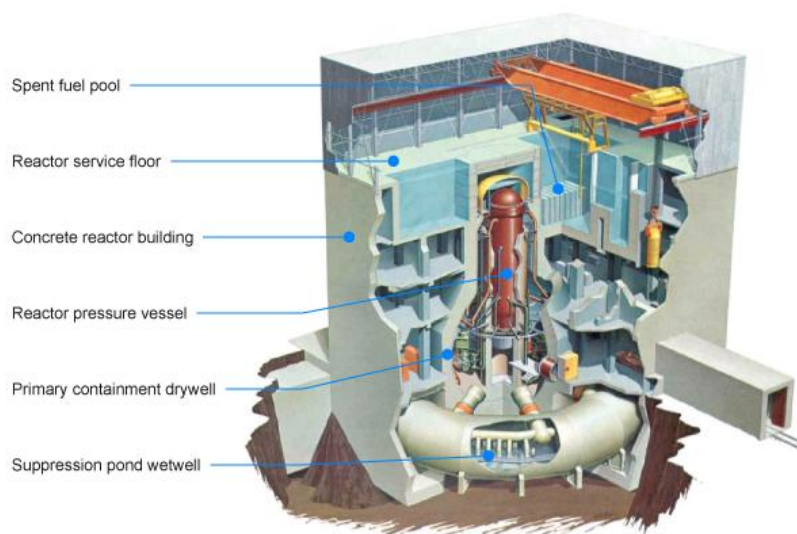


Slika 3: Reaktorji v Fukušimi I.

(Vir: <http://latestworldattacks.blogspot.com/2011/03/japanreactorfukushima-nuclear-power.html>)

V urah in dneh, ki so si sledili, so reaktorji 1, 2 in 3 dosegli popolno stopitev. Ugotovljeno je bilo, da je bil zgornji del jedra v prvem reaktorju stolpljen, zaradi tega se je sesedel v spodnjo četrtino jedra. 12. marca, se je jedro reaktorja spet ohladilo, kot je vstopila voda v spodnjem delu reaktorja. Jedro se je nato začelo pregrevati, saj je bila morska voda dodana šele zvečer. To je vodilo do vodikove eksplozije, ki je uničila zgornji del stavbe pri reaktorjih 1, 3 in 4.

Eksplodija v reaktorjih 1 in 3 je poškodovala reaktor 2, velik požar pa je zajel reaktor 4. Zaradi nesreč naj bi začela voda, ki je bila namenjena ohlajevanju, iztekati ven iz reaktorjev in jedrska jedra se niso več hladila. Jedrske palice, shranjene v bazenih v vsakem reaktorju stavbe, so se začele pregrevati, ko je raven vode v bazenih padla na kritično raven. Strah pred radioaktivnimi izpusti je privedla do evakuacije v radiusu 20 kilometrov okoli elektrarne, medtem ko so delavci utrpeli visoko izpostavljenost sevanju in so jih izmenično evakuirali v različnih časovnih obdobjih. Vir [9]



Slika 4: Reaktor

(Vir: <http://modernsurvivalblog.com/nuclear/fukushima-reactor-no-2-the-most-vulnerable-design>)

Generator v bloku 6 je bil ponovno zagnan 17. marca, kar je omogočalo hlajenje reaktorja 5 in 6, ki sta bila najmanj poškodovana. Električno omrežje je bilo obnovljeno na posameznih delih elektrarne do 20. marca, vendar je oprema za reaktorje od 1 do 4, ki so bili poškodovani zaradi poplave, požara in eksplozije, ostala neuporabna. Poplavljená voda z radioaktivno vodo je še vedno preprečevala dostop do kletnih prostorov, kjer so bila potrebna popravila. Delavci so v kletne prostore lahko vstopili šele 5. maja. Vir [4]

Meritve, ki jih je opravilo japonsko ministrstvo za znanost in izobraževanje, so kazale sledi radioaktivne sevanja na severu države na območju oddaljeno 30-50 km od elektrarne, kar je sprožilo velike skrbi. Hrana, ki je bila pridelana na tem območju je bila takoj odmaknjena iz prodaje. Na podlagi neodvisnih meritev je bilo ugotovljeno, da so izpusti iz Fukušime primerljivi s tistimi iz Černobila leta 1986. Uradniki iz Tokya so začasno priporočili, da se niti voda iz vodovoda ne sme

uporabljati, sploh ne za pripravo hrane za dojenčke. Plutonijeve kontaminacije so našli v tleh na dveh lokacijah v okolici elektrarne, a so nadaljnje analize pokazale, da gre za gostoto, ki je pod mejo nevarnosti.



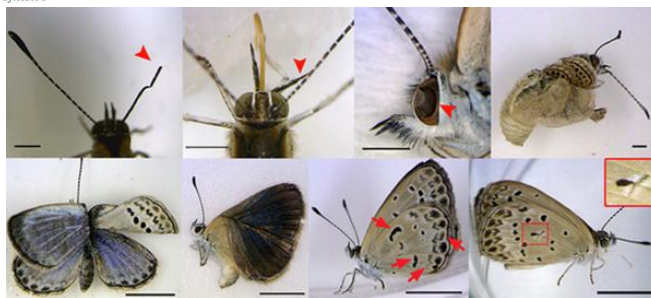
Slika 5: Majhen spomenik tistim, ki so izgubili življenje v cunamiju.

(Vir: <http://wonderfulengineering.com/these-images-of-fukushima-nuclear-disaster-look-straight-out-of-a-horror-movie>)

Japonski uradniki so sprva nesrečo ocenili za 4. stopnjo po mednarodni lestvici jedrskih dogodkov (INES), kljub mnenju drugih mednarodnih agencij, da bi morala biti višje. Raven je bila nato zvišana na 5. stopnjo in na koncu celo na 7., kar je najvišja stopnja ogroženosti. Japonska vlada in TEPCO sta bila v tujem tisku močno kritizirana zaradi slabe komunikacije z javnostjo, saj naj bi prave rezultate analiz prekrivali in skrivali pravo ogroženost v območju jedrske nesreče. Elektrarno bodo odstranili, ko bo krize konec. Vir: [9]

4. POSLEDICE

TEPCO je priznal da je približno med 20 -40 trilijonov becquerelov radioaktivnega tritija nateklo v ocean od dneva katastrofe do avgusta 2013. Fukušima še vedno vsak dan spušča 300ton radioaktivne vode v ocean. Japonska se sedaj spopada z dvema najbolj pomembnima vprašanjema; kako lahko radioaktivnost katastrofalno vpliva na življenje v oceanu, ker je na japonskem glavni vir hrane morska hrana. In kako naj ustavijo izlivanje radioaktivne vode.



Slika 6: Mutirani metulji zaradi radioaktivnosti

(Vir: <http://news.blogs.cnn.com/2012/08/14/mutant-butterflies-a-result-of-fukushima-nuclear-disaster-researchers-say>)

Največjo grožnjo pa predstavlja velika količina radionuklida imenovanega cezij. Zemlja lahko naravno absorbira cezij v podzemni vodi, ostali radionuklidi, kot so stroncij in tritij, pa se lažje prebijajo skozi zemljo v ocean. TEPCO še vedno prikriva koliko stroncija je doseglo ocean.

Tritij predstavlja najmanjšo radioaktivno grožnjo za oceansko življenje in ljudi v primerjavi z cezijem in stroncijem. Stroncij nadomesti kalcij v kosteh in ostane dlje časa v telesu.

Veliko število rib ki so jih ujeli na obali kjer je Fukušima je imelo nivo onesnaženja s cezijem višjo kot je dovoljena meja (100becquerelov/kg). Vir: [10]

5. ŠIRJENJE RADIOAKTIVNOSTI PO MORJU

Radioaktivni oblak vode v Tihem oceanu iz Fukušime bo verjetno dosegel ameriške obalne vode z začetkom leta 2014 , glede na nove študije . Dolgo potovanje radioaktivnih delcev lahko raziskovalcem pomaga bolje razumeti, kako morski tokovi krožijo po svetu.

Simulacije so pokazale , da bi lahko oblak z radioaktivnim cezijem¹³⁷ imel vrhunec v letu 2016 . Na srečo bi dva oceanska tokova ki prihajata iz vzhodne obale Japonske -Kuroshio tok in njegov podaljšek, razredčila radioaktivni material, tako, da bi njegova koncentracija padla precej pod raven Svetovne zdravstvene organizacije za varnost. Vendar bi lahko bila drugačna zgodba , če bi se jedrska nesreča zgodila na drugi strani Japonske . Vpliv na okolje bi lahko bil slabši, če bi onesnažene vode izhajale v drugo oceansko okolje, v katerem bi bilo kroženje burno.

Za primerjavo, radioaktivni delci so prišli po zraku v ZDA samo v nekaj dneh od začetka nesreče.

Radioaktivni oblak ima tri različne vire: radioaktivni delci ki padajo iz atmosfere v ocean, onesnažena voda, ki je prišla neposredno iz obrata in voda, ki je postala onesnažena zaradi izpiranja radioaktivnih delcev iz prsti.

Sprostitev cezija 137 v japonskih bolj turbulentnih tokovih pomeni, da postaja radioaktivni material razredčen na tako mero, da predstavlja majhno grožnjo ljudem, do takrat ko tok zapusti japonske obalne vode.

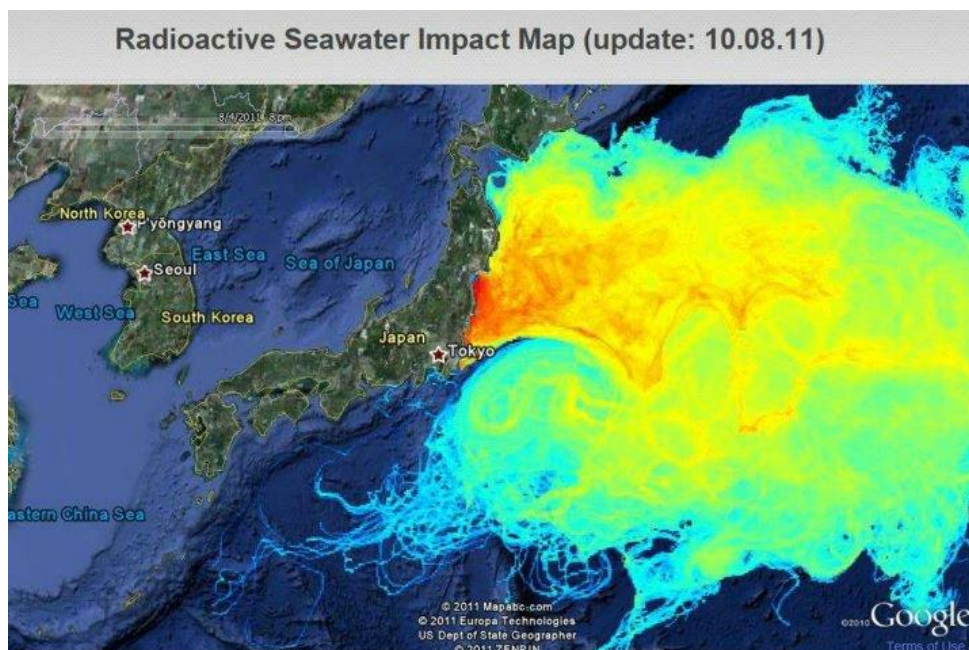
Raziskovalci v povprečju zaženejo 27 eksperimentalnih modelov, vsak zagon se začne drugo leto, da zagotovijo da simulirano širjenje cezija 137 kot sledilca ne vpliva nenavadno na oceanske razmere. Veliko oceanografov raje uporablja cezij 137 za sledenje oceanskih tokov, ker se slednje obnaša kot pasivni sledilec in to pomeni da ne reagira tako zelo z drugimi stvarmi in ima počasno razpolovno dobo 30 let.

Ena izmed prednosti tega sledilca je njegova dolga razpolovna doba, zaradi katere ima možnost, da meri precej natančno. Tako, da bi ga lahko uporabljali v prihodnosti, da bi testirali modele v oceanih in videli, kako se sledilec obnaša v daljšem časovnem obdobju. Torej čez 20 let, bi lahko vzeli meritve kjerkoli v Pacifiku, in jih primerjali s tem modelom.

Ekipe raziskovalcev se osredotoča na nepredvidljivo pot radioaktivnega materiala, dokler ne doseže obal ZDA, ki se raztezajo okoli 300 kilometrov ob morju.

Približno 10-30 becquerelov na kubični meter cezija-137, bi naj doseglo obale Združene države Amerike in Kanade severno od države Oregon med letoma 2014 in 2020. (te količine cezija so veliko pod določenimi mejami za pitno vodo v teh državah.

Za primerjavo, bi lahko Kalifornijska obala prejela samo 10 do 20 becquerelov na kubični meter, od leta 2016 do leta 2025. Vpliv je počasnejši in manjši zaradi tega, ker tiho oceanski tokovi vzamejo del radioaktivnega materiala in ga potisnejo v globino, kjer počasi potuje proti Kaliforniji.

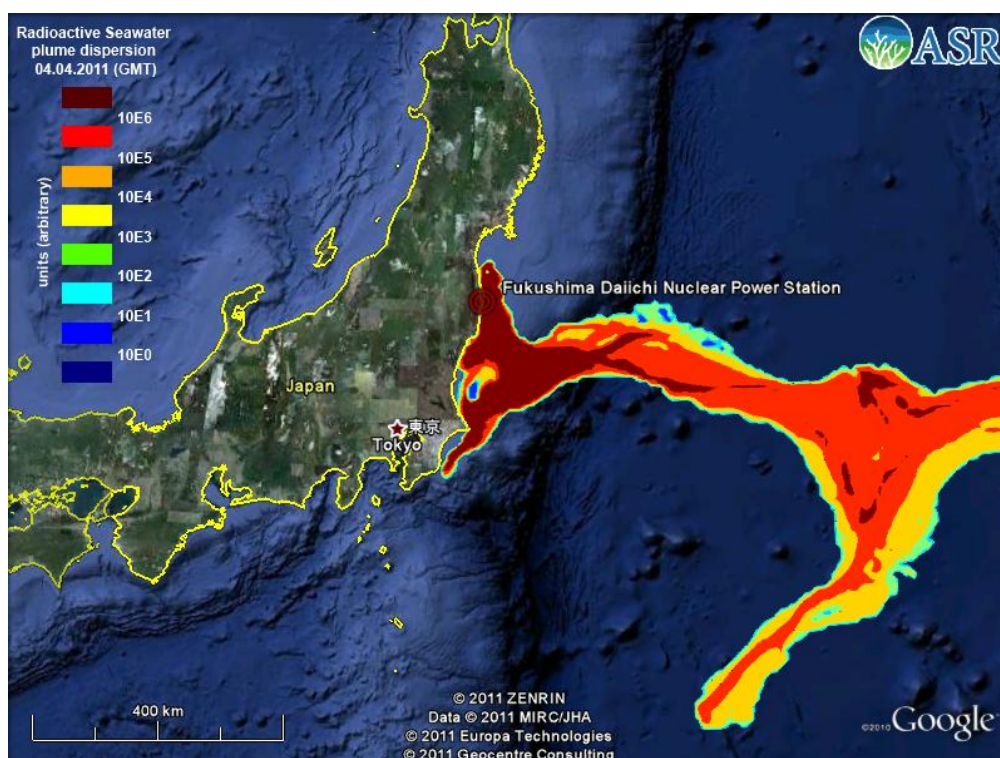


Slika 7: Širjenje radioaktivne vode (Vir: ASR)

Torej velik delež radioaktivnega oblaka še ne bo tako hitro dosegel obal ZDA. Namesto tega, večina cezija-137 bo ostala v severnem delu Tihega oceana, imenovanega »Great Pacific Garbage Patch«. To je območje, kjer ocean kroži počasi v smeri urinega kazalca in tam se nabirajo raznorazne smeti in umazanija. To bo trajalo približno desetletje.

Vendar bo oblaku čez čas uspelo pobegniti iz vrtinca v bolj razredčeni obliki. Približno 25 procentov radioaktivnosti bo potovalo v indijski ocean in v južni del Tihega oceana in tja prišlo čez približno dve ali tri desetletja.

Radioaktivnost bo dosegla vsa morja čez približno 50 let ali še več let, pri tem pa je treba upoštevati, da bo radioaktivni oblak takrat že precej razredčen. Vprašanje je le, ali bodo v Fukušimi uspeli kmalu ustaviti puščanje radioaktivne vode v ocean. Vir [1]



Slika 8: Širjenje radioaktivne vode (Vir: ASR)

6. VIRI

- [1] Jeremy Hsu. Fukushima's Radioactive Ocean Plume to Reach US Waters by 2014 [svetovni splet]. Live science. Dostopno na:
<http://www.livescience.com/39340-fukushima-radioactive-plume-reach-us-2014.html>
[19.11.2013]
- [2] Mallory Simon. Mutant butterflies a result of Fukushima nuclear disaster, researchers say [svetovni splet]. CNN. Dostopno na:
<http://news.blogs.cnn.com/2012/08/14/mutant-butterflies-a-result-of-fukushima-nuclear-disaster-researchers-say/> [19.12.2013]
- [3] Radioaktivnost [svetovni splet]. Wikipedia. Dostopno na:
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost> [19.12.2013]
- [4] Justin McCurry. Fukushima radiation leaks reach deadly new high: Exposure to emissions would be fatal within hours, say Japanese authorities, as race to build frozen wall begins. [svetovni splet]. The guardian. Dostopno na:
<http://www.theguardian.com/environment/2013/sep/04/fukushima-radiation-deadly-new-high> [19.12.2013]
- [5] Jill Reilly. Fukushima has 'new leak of radioactive water which may have entered the Pacific Ocean: At least 430 litres spilled when workers overfilled a storage tank. [svetovni splet]. Daily mail. Dostopno na:
<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2442331/Fukushima-new-leak-radioactive-water-entered-Pacific-Ocean.html> [19.12.2013]
- [6] Mari Yamaguchi. Fukushima Leak Upgraded To Level 3 Severity. [svetovni splet] Huffington post. Dostopno na:
http://www.huffingtonpost.com/2013/08/28/fukushima-leak-upgraded_n_3826890.html
[18.12.2013]
- [7] Chris Tackett. 300 tons of radioactive water has leaked from Fukushima. [svetovni splet] Tree hugger. Dostopno na:
<http://www.treehugger.com/energy-disasters/radioactive-water-fukushima-emergency-says-expert.html> [18.12.2013]
- [8] <http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost.html> [5.12.2013]
- [9] Jedrska katastrofa v elektrarni Fukušima-Daiči. [svetovni splet] Wikipedia. Dostopno na:
http://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_katastrofa_v_elektrarni_Fukušima-Daiči [25.11.2013]
- [10] Prof Michel Chossudovsky. Fukushima: A Nuclear War without a War: The Unspoken Crisis of Worldwide Nuclear Radiation. [svetovni splet] Dostopno na:
<http://www.globalresearch.ca/fukushima-a-nuclear-war-without-a-war-the-unspoken-crisis-of-worldwide-nuclear-radiation/28870> [8.11.2013]

Univerza v Mariboru
Fakulteta za strojništvo



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Univerzitetni študijski program Tehniško varstvo okolja – 1. stopnja

Seminarska naloga pri predmetu

Prenosni pojavi v okolju

ZAKAJ IZGINJA VELIKI KORALNI GREBEN V AVSTRALIJI?

Avtorica: Jerneja Potočnik

Vpisna številka: S1018080

Mentor: dr. Jure Ravnik

Maribor, december 2013

Kazalo vsebine

1	UVOD	4
2	VELIKI KORALNI GREBEN	5
2.1	Osnovne značilnosti.....	5
2.2	Sestava koralnega grebena	5
2.3	V soju najrazličnejših barv	6
3	VAROVANJE	7
3.1	Unesco.....	7
3.2	Morski narodni park.....	7
4	KAJ GA OGROŽA.....	8
4.1	Nevarne morske zvezde	8
4.2	Globalno segrevanje.....	8
4.3	Zakisevanje oceanov.....	8
4.4	Dvig morske gladine	9
4.5	Ribolov.....	9
4.6	Turizem.....	9
4.7	Orkani	9
4.8	Vodni promet	10
5	KORALE IZGINJAJO.....	10
6	TURIZEM	12
7	ZAKLJUČEK	13
8	LITERATURA IN VIRI	14

Kazalo slik

Slika 1:	Zemljevid Velikega koralnega grebena (vir: [13])	5
Slika 2:	Raznolik ekosistem (vir: [14]).....	6
Slika 3:	Pogled na Veliki koralni greben (vir: [14]).....	6
Slika 4:	Vedno večja ogroženost ekosistema (vir: [15]).....	8

Slika 5: Edinstveni ekosistem (vir: [16]).....	10
Slika 6: Veliki koralni greben je v nevarnosti (vir: [17]).....	11
Slika 7: Priljubljena turistična točka (vir: [18]).....	12

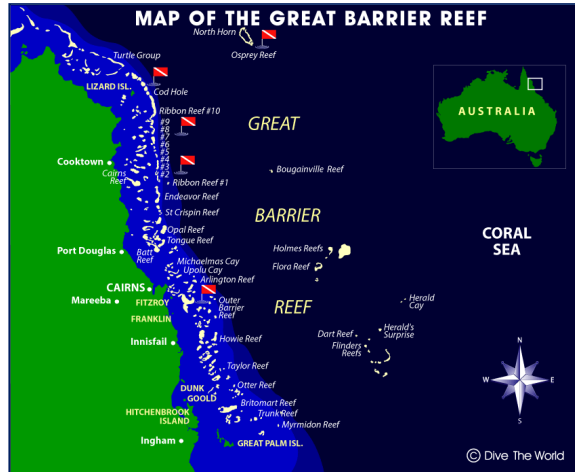
1 UVOD

Veliki koralni greben je eden iz med tako imenovanih čudes narave. Je sijajni dragulj azurne, indigo, safirne in najčistejše bele barve, ki je dobro opazen tudi z Meseca in je eden najlepših okrasov Zemlje. Tako kot vse druge koralne grebene so ga zgradila živa bitja, polipi, ki so sestavni del najdaljšega koralnega grebena na svetu. Zaradi svoje lepote vsako leto privablja na tisoče turistov, ki si želijo ogledati to mogočno stvaritev, s tem se je turizem na tem delu Avstralije močno razvil. Obenem pa se je s tem posledično povečala tudi ogroženost koralnega grebena. Čeprav se zadnja leta turistični ponudniki trudijo turistom ponuditi poleg ogleda in uživanja tudi ozaveščenost krhkosti Velikega koralnega grebena. Tudi avstralska politika je pripomogla k temu, saj so zaostriili pogoje glede onesnaževanja morja. Poleg turizma pa na krčenje grebena, vplivajo tudi razni plenilci, ki se pojavijo v vodah. Največji problem pa so, kot tudi drugod po svetu, globalne klimatske spremembe, ki so posledica našega onesnaževanja narave. Če ne bomo ukrepali, bi naj po nekaterih meritvah znanstvenikov, že do leta 2025 koralni greben izginil.

2 VELIKI KORALNI GREBEN

2.1 Osnovne značilnosti

Veliki koralni greben je najdaljša stvaritev živih bitij na Zemlji. Razeza se vzdolž vzhodne obale Avstralije na razdalji več kot 2000 kilometrov in je biološko, geološko ter pokrajinsko eno od največjih naravnih čudes sveta. Veliki koralni greben sestavlja okoli 3000 koralnih grebenov, otokov, kleči, čeri in lagun, ki so vsi na različnih razvojnih stopnjah. Skupna površina Velikega koralnega grebena je 384.689 kvadratnih kilometrov, kar je več od kopne površine Velike Britanije oziroma za 17 Slovenij. Greben je plod 10.000 let trajajočega grajenja, ki ga je sproti dohajalo počasno dviganje morske gladine, po zadnji poledenitvi. [1], [2]



Slika 1: Zemljevid Velikega koralnega grebena (vir: [13])

2.2 Sestava koralnega grebena

Koralni greben je zgrajen iz živih živali ali koralnih polipov, ki jih je okoli 350 vrst in imajo podobno zgradbo kot morske veternice. Te majhne, primitivne živali živijo v ogromnih kolonijah, od katerih je vsaka koralna nastala iz enega samega polipa, ki je doživel nešteto delitev. Vsaka žival ima okoli ust obroč občutljivih prehranjevalnih lovk. S katerimi polipi jemljejo iz morske vode kalcijev karbonat in si iz njega izdelujejo votlo apnenčevo ogrodje. Na ogrodja odmrlih polipov se kopičijo zmeraj nova ogrodja in tako raste koralni greben. Koralni polipi živijo v sožitju z drobnimi rastlinicami, z algami, ki z uporabo svetlobe spreminjajo ogljikov dioksid in vodo v ogljikove hidrate in kisik. Te polipi vsrkavajo, v zameno pa dajejo algam ogljikov dioksid, nitrate in druge odpadne snovi. Ker alge potrebujejo svetlobo, je koralni greben živ samo tam, kjer je svetloba, se pravi v čisti vodi največ 40 metrov globoko. Koralni grebeni so omejeni na vode, kjer se temperatura skozi celo leto giblje med 22 in 28 ° C. To ustvari kompleksen habitat in najbolj raznolik ekosistem na svetu. Polipi brstijo in se delijo, tako da se kolonija širi navzgor in navzdol. Vendar živi samo zunanja plast koral, globlje plasti sestavljajo apnenčasti preostanki prejšnjih generacij. Zoologi so v koralnih grebenih našeli več tisoč živalskih vrst. Med vsemi ekosistemi na Zemlji jih živi več le v tropskih deževnih gozdovih. Toda medtem ko v njih prevladujejo drevesa, je prevladujoča življenjska oblika koralnih grebenov žival, polip. Celotno rastlinam podobni organizmi, kakršna je valjujoča mehka koralna, so v resnici živali. Med koralami živijo tudi

druge vrste živali in sicer spužve, morske zvezde, vetrnice, raki ter okoli 1.500 vrst rib in 4.000 vrst mehkužcev. [1], [2], [4], [5], [8]



Slika 2: Raznolik ekosistem (vir: [14])

2.3 V soju najrazličnejših barv

Že podnevi v plitvi vodi ob grebenu ni miru, ponoči pa se razmahne silna dejavnost. Koralni polipi iztezajo lovke in prestrezajo plankton, podnevi se to ne dogaja, ker bi s tem zastrli svetlobo svojim algam. Ponoči, ko zasveti na milijarde raznobarnih lovčk, se zazdi, kot da bi greben zacetel. Še posebej lepo pa je v mirnih spomladanskih nočeh, ko hkrati na grebenu začnejo vsi polipi izločati oranžne, rdeče, modre in zelene zvitke jajčec in semenčič, ki splavajo na površje ter ga prekrijejo z barvito mrežo. Zavitki popokajo jajčeca in semenčeca se pomešajo in spojijo. Zarodke polipov prenaša plimovanje tako dolgo dokler ne najdejo primerne prostora za novo gradnjo. Greben ne nehno raste. Takoj, ko nov vršiček koralne skale pogleda iz morja, že dobi pokrivalo iz belega peska z nekaj rastlinami. [2]



Slika 3: Pogled na Veliki koralni greben (vir: [14])

3 VAROVANJE

Avstralska vlada je nedavno sprejela poseben zakon, s katerim naj bi zaščitili Veliki koralni greben pred uničevanjem. To je sedaj največje zaščiteno morsko območje na svetu. Kar dobra tretjina grebena je zaščitena in na njem nista dovoljena ne ribolov ne turizem. Znanstveniki in okoljevarstveniki pa ob tem opozarjajo, da bi bilo treba za učinkovito zaščito zapreti vsaj polovico grebena.

3.1 Unesco

Veliki koralni greben je tudi del svetovne dediščine Unesca. Unesco je kot merila za vpis v zakladnico naravne svetovne dediščine navedel naslednje točke:

1. Izjemni primeri, ki predstavljajo pomembne stopnje zemeljske evolucije, tako na področju živega sveta kot značilni geološki procesi v razvijanju oblik površja ter značilni geomorfološki in fiziografski pojavi.
2. Izstopajoči primeri, ki predstavljajo značilne ekološke in biološke procese v evoluciji in razvoju kopnih, sladkovodnih, obalnih in morskih ekosistemov ter rastlinskih in živalskih združb.
3. Vsebujejo izjemne naravne pojave ali območja izredne naravne lepote ali estetskega pomena. [5]

3.2 Morski narodni park

V Velikem koralnem grebenu je morski narodni park Green Island z akvarijem in muzejem, ki je ena najbolj obiskanih turističnih točk v Avstraliji. Uprava parka je Veliki koralni greben zaradi varovanja razdelila na več območij:

- popolnoma zavarovana območja, ki so namenjena samo za znanstvene namene in so povsem nedostopna
- območja, ki so dovoljena le za turistične ogleda
- območja, kjer je dovoljen celo športni ribolov

Razglasitev grebena za narodni park je omejila število nevarnosti, kot so ribolov, kitolov, kopanje gvana, tudi turizem je zdaj skrbno nadzorovan. Kljub temu pa pripisujejo nekateri znanstveniki krivdo za nedavni neznani razplod strupenih morskih zvezd, odplakam v letoviščah in da je metanje ostankov hrane v morje povzročilo namnožitve galebov, s tem pa se je povečalo plenjenje želvjih in ptičjih mladičev ter še večje ogrožanje ekosistema. [7], [11]

4 KAJ GA OGROŽA

Nasploh je Veliki koralni greben eden od najživahnih in dobro povezanih ekosistemov. Ob enem pa je tudi sistem z najkrhkejšim ravnovesjem. Pritisk na en člen ima lahko katastrofalne posledice za celoto. Greben že leta zlahka prenaša viharje in besnenje morja, toda v sedanjosti so najhujše tiste nevarnosti, ki so posledica ravnanja človeka.



Slika 4: Vedno večja ogroženost ekosistema (vir: [15])

4.1 Nevarne morske zvezde

Nevarnost so plenilci, na primer papagajevka, ki žveči drobce koral in jih predeluje v mivko. V zadnjih desetletjih so veliki koralni greben napadle strupene morske zvezde, znane pod imenom trnove krone. Zvezde posedajo polipe iz njihovih ogrodij in pustijo samo apnenec. Nekateri strokovnjaki so zaradi tega zaskrbljeni, drugi pa menijo, da gre za povsem naraven pojav, ki se tokrat ne dogaja prvič, saj naj bi greben že v preteklosti doživel napade, a si je vselej opomogel. Biologi so vložili veliko časa in denarja, da bi nevarne plenilce uničili, toda zvezde se kljub vsem njihovim naporom še naprej razmnožujejo. Takšni napadi naj bi celo povečevali raznolikost živalskega sveta v grebenu. [5], [6], [8]

4.2 Globalno segrevanje

Veliki koralni greben naj bi do leta 2025 popolnoma izginil, če bo temperatura morja zaradi globalnega segrevanja še rasla, trdijo strokovnjaki z avstralskega inštituta za morske študije univerze Queensland. Ray Berkelmans, ki je vodil raziskavo, trdi, da korale nimajo mehanizma, ki bi jim omogočil, da se zaščitijo pred visokimi temperaturami, ki uničujejo hranljive snovi. Zaradi temperatur, ki vsako poletje dosežejo kritično točko, bo iz leta v leto prihajalo do postopnega propadanja oziroma izginjanja koralnih območij. Grebeni ne bodo izginili, ampak bodo ostali brez koral. Na njihovem mestu bodo zrasle druge, manj zanimive vrste morske flore in favne, kot so makro alge in določene vrste morske trave. V zadnjem stoletju se je temperaturni gradient bistveno spremenil. V zadnjih 30. letih se je temperatura morske gladine Velikega koralnega grebena povečala za 0.4 °C. Povprečna letna temperatura morske gladine na Velikem koralnem grebenu se bo še naprej povečevala, približno za 1 °C do 3 °C toplejša od sedanje povprečne temperature morske gladine. [5], [9], [12]

4.3 Zakisevanje oceanov

Zakisljevanje oceanov ima pomemben vpliv na spreminjanje ekosistema Velikega koralnega grebena. Problem je, da oceani absorbirajo ogljikov dioksid iz ozračja, ki pa je posledica človeških dejavnosti v zadnjih 200 letih, zaradi kurjenja fosilnih goriv, prometa, industrije. Ocean absorbira ogljikov dioksid in za posledico tega se spremeni kemijska sestava, spremeni se pH morja in tvori se ogljikova kislina. Kislina sprosti bikarbonatni in vodikov ion. Vodikov

ion se veže na proste karbonatne ione v vodi, s tem pa zasede karbonat, ki bi bil sicer za proizvodnjo kalcijevega karbonata za lupine in okostje polipov. Več kot je ogljikovega dioksida v oceanu, manj je prostih ionov na voljo za izdelavo kalcijevega karbonata. Celo relativno majhno povečanje kislosti oceana zmanjšala zmogljivost koral za izgradnjo okostja, kar zmanjšuje njihovo sposobnost grajenja grebena in morsko življenje. [12]

4.4 Dvig morske gladine

Dvig morske gladine je zelo pomemben, saj je velik del Velikega koralnega grebena z nizko ležečo obalo. Napovedi za prihodnje povečanje morske gladine se gibljejo od 0,68 m do 0,9 m do leta 2100. Majhne spremembe morske gladine bodo prinesle zalitje zemljišč in spremembe v plimovanju habitatov. Gladina morja na Velikem koralnem grebenu se vsako leto poveča za približno 3 mm, zaradi toplotne razteznosti (topla voda, zasede večji volumen) in taljenja ledenikov na Zemlji. Večina grebenov bo verjetno lahko sprejela dvig morske gladine za 3 mm na leto, kjer je najvišja stopnja rasti greben je približno dvakrat večja. Na podlagi dviga morske gladine, bodo lahko tudi koralni grebeni v globini lažje preživel. [12]

4.5 Ribolov

Domorodci so stoletja ribarili in lovili po grebenu, a mu s tem niso škodovali. V 20. stoletju pa so kopanje gvana (plasti pričjih iztrebkov), pretirani nenadzorovani komercialni ribolov domačih ribičev, kitolov, prodaja prekajenih morskih kumar in nabiranje biserne matice že ranili okolje. Avstalska politika poskuša te stvari čim bolj zmanjšati, s tem namenom je sprejela nove zakone in pa višje kazni. [8]

4.6 Turizem

Težavo pri tem predstavlja tudi turizem, predvsem s spuščanjem odpadkov in smeti s turističnih ladij v morje. Odpadki povečujejo količino dušika v vodi, kar ugodno vpliva na rast in razvoj rastlin, ki pa dušijo korale. V zadnjem času Veliki koralni greben ogrožajo velike skupine turistov, ki množično prihajajo občudovat Veliki koralni greben, s tem pa močno spreminjajo naravno lepoto grebena. Ogrožajo jih potapljači, ki spreminjajo grebene, ko nabirajo školjke in trgajo koralnjake. Problem je tudi nepazljivo odvrženo sidro s čolna, ki poškoduje nežne koralne vrtove. Turisti dvigajo usedline okoli grebena in onesnažujejo okolico. Turizem torej sam sebi uničuje vir, od katerega je odvisen. V kolikšni meri se bodo koralni grebeni ohranili in razvijali je v veliki meri odvisno od tega, če bo človek znal preudarno ravnati in omejiti vse tiste dejavnosti, ki bi lahko porušile občutljivo ravnotežje v teh združbah in nepopravljivo spremenile njihovo sestavo. [5], [8]

4.7 Orkani

Orkani naredijo na koralnih grebenih pravo razdejanje. Ko orkan pomete po koralnem otoku, ga preplavi morska masa, ki spremlja orkan, valovi pa tako silovito butajo ob koralne kolonije, da odtrgajo nežne vejnate koralnjake, ki rastejo na grebenu, tiste pa, ki rastejo

globlje v vodi na izpostavljeni strani grebena jih dobesedno raztrgajo. Vse to pa zelo upočasni proces obnavljanja koral. [1]

4.8 Vodni promet

Težava, ki pogosto spremlja Veliki koralni greben je tudi vodni promet, ki onesnažuje morje. Še posebej so problem tovorne ladje, čeprav na območju parka ni dovoljen tovorni ladijski promet, se večkrat zgodi, da kakšna pripljuje mimo in v najslabšem primeru nasede in pušča nafto, kar pa je za tako edinstven ekosistem precej nevarno. [5], [10]

5 KORALE IZGINJAJO

Na mednarodnem simpoziju v Cairnsu leta 2012, kjer je sodelovalo 1900 znanstvenikov. Osredotočili so se na Veliki koralni greben ter na problem zakisanosti oceanov. Na simpoziju so izdali izjavo s 2600 podpisi, v kateri so zahtevali zaščito oceanov in koralnih grebenov. V zadnjih 35 letih je izginilo tri četrtine koral, na Velikem koralnem grebenu v Avstraliji pa je od leta 1960 polovica koral poginila, so ugotovili znanstveniki na mednarodnem simpoziju v Cairnsu. Problem je naraščanje temperature oceanov zaradi globalnega segrevanja ozračja. Korale, ki bodo preživele spremembe, bodo živele v toplejši vodi, kot jo prenesejo sedaj. Oceani pa ne postajajo le toplejši, temveč tudi vedno bolj kisli. Znanstvenike je presenetila nizka Ph vrednost vode, ki je posledica večje



Slika 5: Edinstveni ekosistem (vir: [16])

količine ogljikovega dioksida v ozračju ter kislega dežja. Prav tako pa bo izginjanje koralnih grebenov povzročilo več škode v primeru cunamijev, ki sedaj varujejo obale pred nevarnostmi. Znanstvenike skrbi, kako bo povečana kislost vode vplivala na življenje morskih bitij, zlasti na koralne grebene, ker se korale v takem okolju težje razvijajo. Sprva so znanstveniki mislili, da se bo ogljikov dioksid v oceanih med mešanjem globoke in plitve vode razredčil. Vendar se večji del ogljikovega dioksida zadržuje v površinskem sloju morja. Kar je pa samo še en razlog, da smo zaskrbljeni glede količine ogljikovega dioksida, ki ga spuščamo v ozračje. Znanstveniki šele sedaj odkrivajo, kako spremembe v kemični sestavi oceanov vplivajo na obnašanje morskih živali. Raziskave so pokazale, da bodo do konca stoletja nekatere vrste rib začele plavati proti roparskim živalim, namesto, da bi bežale pred njimi. Losos pa se ne bo mogel vrniti na kraj za drstenje, ker bodo te ribe izgubile čut za vonj. Znanstveniki so se že začeli spopadati s problematiko kemijskih sprememb v oceanih. Postavili so naprave za zaznavo kislosti vode, da bi lahko gojitelji ostrig zaprli dotok morske

vode v ribogojnice, vendar je to le kratkotrajna rešitev. Prava rešitev je zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida, vendar pa bo minilo še precej časa, preden se bodo razmere uredile.

Po nekaterih napovedih znanstvenikov naj bi bilo do leta 2030 ogroženih kar 90 odstotkov koralnih grebenov, kjer so našle dom druge raznolike živali in rastline, in to predvsem zaradi ribolova, segrevanja oceanov in onesnaževanja. Po ugotovitvah dolgotrajne raziskave Avstralskega inštituta za pomorstvo je Veliki koralni greben od leta 1985 izgubil več kot polovico s koralami pokritega območja, do leta 2022 pa naj bi izginila še polovica. Znanstveniki so v tem primeru ugotovili, da so glavni razlog za "pogrom" nad koralami vse pogostejši orkani in močnejše nevihte, kar pa pripisujejo podnebnim spremembam.

"Izgubljam ekosistem, ki je del Avstralije," pravi znanstvenica Katharina E. Fabricius, ki izpostavlja tudi dejstvo, da korale izginjajo kljub temu, da je to območje zaščiteno. Druga nadloga, ki pesti korale, pa so bodičaste morske zvezde, ki so se čezmerno razmnožile. Za to nadlogo obstajajo rešitve, medtem ko je spopad s podnebnimi spremembami možen le na dolgi rok. (vir: <http://www.24ur.com/novice/svet/bo-veliki-koralni-greben-ostal-brez-koral.html>)

Znanstveniki pa med drugim tudi opozarjajo, da turisti med potapljanjem vidijo le tiste dele, ki so dobro ohranjeni, medtem ko so ponekod že prave pustinje. [3], [6], [9], [10]



Slika 6: Veliki koralni greben je v nevarnosti (vir: [17])

6 TURIZEM

Kljub vsem težavam in ogroženosti Velikega koralnega grebena pa je turizem na tem območju še vedno močno razvit in vir zaslužka, saj greben letno obišče več kot 2 milijona ljudi. Navtični turizem na tem ogromnem področju je pomemben vir prihodkov za celotno avstralsko ekonomijo. Turistična ponudba je zelo bogata, saj omogoča po eni strani najem manjših plovil za samo nekaj potnikov po drugi strani pa križarjenje z velikimi katamarani, ki lahko prevažajo tudi do 400 ljudi naenkrat. Popotniki se lahko odločajo za enodnevne izlete ali večdnevna potovanja, polete s helikopterjem, potapljanja ali druge vodne športe.

V zadnjih letih množični obisk ljudi z vsega sveta domačini izkoriščajo tudi za širitev znanja o tem, kako moramo vsi skupaj skrbeti zato, da bomo lahko ohranili to veliko naravno bogastvo. Turistom je dostop do krhkih koral omogočen samo preko posebnih, na vodi plavajočih mostov, potapljanje je strogo nadzorovano, kakršnokoli poškodovanje in lomljenje koral pa strogo prepovedano. Vsi obiskovalci so dolžni poskrbeti tudi, da s svojimi športnimi aktivnostmi čim manj motijo normalno življenje živali, še zlasti ptic in želv. [5], [12]



Slika 7: Priljubljena turistična točka (vir: [18])

7 ZAKLJUČEK

Avstralija se je zavzela za skrb Velikega koralnega grebena, ki je del svetovne dediščine in eden od največjih svetovnih naravnih bogastev. Izvedli so vrsto pobud upravljanja grebena ter želje ohraniti Veliki koralni greben čimbolj zdrav. Veliki koralni greben je eden izmed najbolj raznolikih ekosistemov na svetu in tudi eden izmed najbolj zdravih koralnih grebenov. Vendar pa obstajajo odprta vprašanja, ki vplivajo na zdravje grebena kot so podnebne spremembe, upadanje kakovosti morske vode, onesnaževanje, izguba obalnih habitatov, od obalnega razvoja, turizma do najmanjših vplivov človeškega delovanja. Zato je pomembno, da se toliko bolj zavedamo globalnih podnebnih sprememb, ki ne bodo uničila le Velikega koralnega grebena ampak še ostale lepote narave, ki smo jo vsi deležni. Lahko bi tudi rekla, da lovimo zadnji vlak, kjer se še da nekaj postoriti za ohranjenost narave in zdravje celega sveta. Seveda pa se za te stvari moramo odločiti vsi, ne le peščica prebivalstva.

8 LITERATURA IN VIRI

- [1] *Veličastne stvaritve narave*. (1997). Ljubljana: DZS.
- [2] *Vsa čuda sveta: vodnik po naravnih lepotah sveta*. (2004). Ljubljana: Mladinska knjiga.
- [3] DMSP biosynthesis by animal and its role in coral thermal stress response. (31. October 2013). *Nature*, str. 679.
- [4] Mojetta, A. (2006). *The coral reef*. Vercelli: White Star Publishers.
- [5] <http://www2.arnes.si/~osljjs6s/priponke/rom01/Veliki%20koralni%20greben/Veliki%20koralni%20greben.html.html> [12. 12. 2013]
- [6] <http://www.24ur.com/novice/svet/bo-veliki-koralni-greben-ostal-brez-koral.html> [12. 12. 2013]
- [7] <http://www.rtvsl.si/tureavanture/avstralija/veliki-koralni-greben/199823> [13. 12. 2013]
- [8] <http://www.freewebs.com/avstralija/velikikoralnigreben.htm> [13. 12. 2013]
- [9] http://www.siol.net/novice/svet/2012/07/znanstveniki_opozarjajo_na_ogrozenost_koralnih_greb_enov.aspx [13. 12. 2013]
- [10] <http://web.vecer.com/portali/vecer/v1/default.asp?kaj=3&id=2010040405528340> [14. 12. 2013]
- [11] <http://opusteno.rs/regioni-f43/veliki-koralni-greben-slike-t15720.html> [14. 12. 2013]
- [12] <http://www.gbrmpa.gov.au/> [14. 12. 2013]
- [13] <http://www.divetheworldliveaboards.com/map-great-barrier-reef.php> [14. 12. 2013]
- [14] https://www.google.si/search?q=the+barrier+reef+map&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Y5q8Uu6DEuH8yWP334KIAQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1366&bih=642#q=the%20great%20barrier%20reef&tbm=isch&imgdii=_ [14. 12. 2013]
- [15] https://www.google.si/search?q=the+barrier+reef+map&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Y5q8Uu6DEuH8yWP334KIAQ&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1366&bih=642#q=pollution+on+the+great+barrier+reef&tbm=isch&imgdii=_ [14. 12. 2013]
- [16] <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/07/090706141006.htm> [14. 12. 2013]
- [17] http://www.biologicaldiversity.org/campaigns/great_barrier_reef/index.html [14. 12. 2013]
- [18] <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/australiaandthepacific/australia/9760762/Sea-floor-next-to-Australias-Great-Barrier-Reef-close-to-collapse.html> [14. 12. 2013]