

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Hidrotehniška smer

Kandidat:
Marko Žibret

Predpisi in hidravlično dimenzioniranje za odvodnjo padavinske vode z avtocest

Diplomska naloga št.: 2924

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Somentor:
izr. prof. dr. Jože Panjan , prof. dr. Katarzyna Weinerowska

Ljubljana, 1. 12. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MARKO ŽIBRET** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»PREDPISI IN HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE ZA ODVODNJO
PADAVINSKE VODE Z AVTOCEST«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 13.11.2006

Marko Žibret

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.745.2 : 626 (043.2)
Avtor: Marko Žibret
Mentor: prof. dr. Franci Steinman
Somentorja: dr. Katarzyna Weinerowska-Bords in prof. dr. Jože Panjan
Naslov: Predpisi in hidravlično dimenzioniranje za odvodnjo padavinske vode z avtocest
Obseg in oprema: 105 str., 35 pregl., 27 sl., 94 en., 7 diagr., 24 pril.
Ključne besede: avtocesta, padavinska voda, odvodnjavanje, čistilni objekt

Izveček

Diplomsko delo obravnava načine odvodnjavanja padavinske odpadne vode s cestišča avtocest ter hidravlično dimenzioniranje objektov za njeno čiščenje po slovenskih in nemških smernicah in navodilih. Prvi del obsega osnovne podatke, ki jih je treba upoštevati pri hidravličnem dimenzioniranju objektov, in ki so v skladu z zakoni in predpisi: padavine, vrsto padavinskega odtoka, vrsto onesnaženja, vrsto tal ter potencialni recipient, na podlagi katerih so nato predpisani ukrepi za zaščito. Predstavljena je tudi kategorizacija cest in avtocest v Sloveniji in Nemčiji ter osnovne karakteristike, ki so prav tako pomembne za dobro odvodnjavanje. Nadalje so predstavljeni objekti za čiščenje padavinske odpadne vode po slovenskih *Navodilih projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije: odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin* ter nemških *ATV-A 166* smernicah. V drugem delu sledi hidravlično dimenzioniranje. Enačbe preračuna sistemov za odvodnjavanje (mulde, koritnice, jarki, kanalizacijske cevi) po nemških navodilih *RAS-Ew*. Glavni del obsega povzetek navodil in smernic, pripadajočih enačb, parametrov in predpostavk za hidravlično dimenzioniranje objektov za čiščenje padavinske odpadne vode. Pri tem so po slovenskih navodilih navedeni: usedalnik - lovilec olj, zadrževalnik, grobi filter ter počasni biološki filter. Po nemških pa: čistilni bazen, zadrževalnik, filtracijski bazen z zadrževanjem, iztočne naprave in objekti ter ponikovalnica. Kot primer je predstavljeno hidravlično dimenzioniranje čistilnih objektov po slovenskih in nemških smernicah in navodilih za fiktivni odsek avtoceste, sestavo tal ter padavine.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.745.2 : 626 (043.2)
Author: Marko Žibret
Supervisor: prof. dr. Franci Steinman
Co-supervisors: dr. Katarzyna Weinerowska-Bords and prof. dr. Jože Panjan
Title: Regulation and hydraulic design of highway stormwater drainage system
Notes: 105 p., 35 tab., 27 fig., 94 eq., 7 grap., 24 supp.
Key words: highway, storm water, drainage, cleaning facility

Abstract

The present work handles treatment of storm water from highways and its cleaning facilities hydraulic design according to Slovenian and German guidelines and directives. First part contains basic data that we have to take into consideration in order to achieve good hydraulic design for cleaning facilities. Road and highway categorization and their typical features in Slovenia and Germany are also written as basics for runoff hydraulic design. Following, most of the storm water cleaning facilities and structures in Slovenian directive *Navodilih projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije: odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin* and German *ATV-A 166* guideline are described. Hydraulic design of runoff structures and cleaning facilities is written in second part. Runoff structures as ditches, canalization tubes are recapitulated from German *Ras-Ew* guideline. The main part focuses on parameters, presumptions and equations needed for cleaning facilities hydraulic design. According to Slovenian directive, sediment and oil separators, retention basins, sand filters and biologic ground filter with infiltration capacity are described. And according to German guidelines, cleaning basins (sediment and oil separators), retention basins, filtration-retention basins, runoff and overflow structures as well as ground infiltration basins are described. In the end a fictitious example of highway section, soil texture and rainfall data is constructed. On that basis, cleaning facilities are hydraulically designed using Slovenian and German guidelines.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in potrpežljivost pri izdelavi diplomskega dela bi se rad zahvalil mentorju, prof. dr. Franciju Steinmanu ter somentorjema prof. dr. Jožetu Panjanu in dr. dr. Katarzyni Weinerowski-Bords, asistentki na partnerski univerzi Polytechnica Gdańska.

Hvala vsem, ki so mi pričarali nepozabne trenutke na Erasmus/Socrates študentski izmenjavi na Poljskem. Prav tako prijateljem in kolegom, s katerimi sem gulil šolske klopi in preživel prosti čas ☺. Posebna zahvala velja Christine Boemer, prijateljici iz Koelna, ki mi je priskrbela in posredovala vso potrebno, pri nas nedostopno nemško literaturo. Hvala tudi podjetju Ceste mostovi Celje (CM Celje), družbi za nizke in visoke gradnje, ki mi je ves čas študija nudilo finančno pomoč ter vsakoletno poletno prakso.

Nazadnje pa bi se rad zahvalil mami in očetu. Vsa leta študija, v dobrih in slabih trenutkih, sta me 110% podpirala in mi stala ob strani.

Še enkrat hvala vsem.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	NAMEN ODVODNJAVANJA AVTOCEST	3
2.1	Varnost v cestnem prometu.....	3
2.2	Ekološki vpliv odvodnjavanja na okolje	4
2.3	Namen in cilji diplomske naloge	7
3	NARAVNE DANOSTI, PREDPISI IN STANJE TEHNIKE	9
3.1	Naravne danosti in razvoj avtocestne mreže v Sloveniji, Nemčiji in na Poljskem	9
3.1.1	Slovenija.....	9
3.1.2	Nemčija	11
3.1.3	Poljska.....	13
3.2	Izhodišča za izbiro primerne sistema odvodnjavanja ter vrste zaščite recipienta.....	15
3.2.1	Vrste padavinskega odtoka.....	16
3.2.2	Vrste onesnaževanja	17
3.2.3	Recipienti odpadne padavinske vode	17
3.2.3.1	Tla	17
3.2.3.2	Tekoče vode (reke in potoki).....	20
3.2.3.3	Stoječe vode (jezera, ribniki, akumulacije).....	21
3.3	Kategorizacija javnih cest ter načini odvodnjavanja vode z njih	22
3.3.1	Kategorizacija cest ter avtocest in predpisani geometrijski elementi	22
3.3.2	Tehnike in tehnologije odvodnjavanja odpadne vode s cest in avtocest.....	26
3.4	Čistilno- ter hidravlično funkcionalna razdelitev čistilnih objektov in naprav	30
3.4.1	Razdelitev objektov ter naprav po slovenskih <i>Navodilih</i>	31
3.4.2	Razdelitev objektov in naprav po ATV-A 166.....	32
4	HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE ODVODNJAVANJA IN ČIŠČENJA PADAVINSKE ODPADNE VODE	37

4.1	Izračun odтока.....	37
4.2	Hidravlično dimenzioniranje muld, koritnic, jarkov, kanalizacije.....	41
4.3	Hidravlično dimenzioniranje objektov za ravnanje s POV.....	43
4.3.1	Slovenska navodila in smernice	43
4.3.1.1	Usedalnik - lovilec olj.....	44
4.3.1.2	Zadrževalnik	49
4.3.1.3	Zadrževalnik - usedalnik - lovilec olj	51
4.3.1.4	Grobi filter	52
4.3.1.5	Infiltracijsko polje (počasni biološki filter).....	54
4.3.1.6	Zadrževalnik s precejalnikom (filtrskim dnom).....	56
4.3.1.7	Rastlinska čistilna naprava (RČN)	59
4.3.2	Nemška navodila in smernice	60
4.3.2.1	Čistilni bazen (Regenklaerbecken) po ATV-A 166	61
4.3.2.2	Zadrževalni objekt (Regenrueckhalteraeumen) po ATV-DVWK-A 117	64
4.3.2.3	Filtracijski bazen z zadrževalnikom ter predčiščenjem (Retentionsbodenfilter) po DWA-M 178	67
4.3.2.4	Iztočne naprave in objekti (Entlasungsanlagen) po ATV-A 111	72
4.3.2.5	Objekti za ponikanje (Versickerungsanlagen) po DWA-A 138	78
5	HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE OBJEKTOV ZA ČIŠČENJE POV.....	84
5.1	Predstavitev primera	84
5.2	Preračuni in dimenzioniranje	87
5.3	Primerjava dobljenih rezultatov.....	89
6	ZAKLJUČEK	96
7	PRILOGE	99
VIRI		100

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti za najpogostejše antropogene onesnaževalce voda z avtocest	5
Preglednica 2: Predpisani ukrepi, kadar je recipient podtalnica	19
Preglednica 3: Predpisani ukrepi, kadar so recipient kraška tla	20
Preglednica 4: Predpisani ukrepi, kadar so recipient tekoče vode	20
Preglednica 5: Predpisani ukrepi, kadar so recipient stoječe vode	21
Preglednica 6: Kategorizacija cest v Sloveniji po Pravilniku o projektiranju cest	22
Preglednica 7: Kategorizacija cest v Nemčiji po standardu RAS-N	24
Preglednica 8: Primerjava predpisanih karakteristik za avtoceste Slovenija - Nemčija	25
Preglednica 9: Primerjava parametrov za dimenzioniranje muld, koritnic in jarkov v Sloveniji in Nemčiji	30
Preglednica 10: Razdelitev objektov po njihovi funkciji in vrsti glede na ATV-A 166	32
Preglednica 11: Komponente čistilnih objektov deževnice po ATV-A 166	33
Preglednica 12: Komponente filtrnih bazenov po ATV-A 166	34
Preglednica 13: Komponente zadrževalnih objektov po ATV-A 166	35
Preglednica 14: V <i>Navodilih</i> uporabljene oznake za dimenzioniranje usedalnikov-lovilcev olj	45
Preglednica 15: V <i>Navodilih</i> uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnikov	49
Preglednica 16: Pregled začetne in končne poroznosti posameznih odsekov filtra	52
Preglednica 17: V <i>Navodilih</i> uporabljene oznake za dimenzioniranje grobih peščenih filtrov	52
Preglednica 18: V <i>Navodilih</i> uporabljene oznake za dimenzioniranje infiltracijskega polja	55
Preglednica 19: V <i>Navodilih</i> uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnika s precejalnikom	57
Preglednica 20: Oznake, uporabljene na sliki 18	62
Preglednica 21: V ATV-DVWK-A 117 uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnika	64
Preglednica 22: Varnostni faktor f_z po ATV-DVWK-A 117	65
Preglednica 23: Oznake, uporabljene na sliki 21	68

Preglednica 24: Komponente filtrskega bazena ter njegove karakteristike (oznake iz slike 22)	68
Preglednica 25: Priporočena sestava filtra	70
Preglednica 26: V DWA-M 178 uporabljene oznake za dimenzioniranje filtracijskih bazenov	70
Preglednica 27: V ATV-A 111 uporabljene oznake za prelive s prosto gladino (oznake iz slik 22 in 23)	73
Preglednica 28: V ATV-A 111 uporabljene oznake za dimenzioniranje odtoka pod tlakom	77
Preglednica 29: V DWA-A 138 uporabljene oznake za dimenzioniranje ponikovalnice	78
Preglednica 30: Podatki o padavinah (iz primera v nemški smernici DWA-A 138)	85
Preglednica 31: Prikaz, po katerih prilogah so povzeti rezultati	90
Preglednica 32: Površina in volumen objektov za čiščenje <i>POV</i> po slovenskih predpisih (primer 1)	90
Preglednica 33: Površina in prostornina objektov za čiščenje <i>POV</i> po nemških predpisih (primer 1)	91
Preglednica 34: Površina in prostornina objektov za čiščenje <i>POV</i> po slovenskih predpisih (primer 2)	91
Preglednica 35: Površina in prostornina objektov za čiščenje <i>POV</i> po nemških predpisih (primer 2)	91

KAZALO SLIK

Slika 1: Stična površina pri 60 km/h	4
Slika 2: Stična površina pri 100 km/h	4
Slika 3: Jutranja konica na obvoznici v Varšavi (Foto: M. Žibret)	6
Slika 4: Povprečna letna količina padavin po Sloveniji med leti 1961 in 1990	10
Slika 5: Že zgrajeni ter odseki v gradnji slovenskega avtocestnega programa	11
Slika 6: Porazdelitev padavin po Nemčiji	12
Slika 7: Nemška avtocestna mreža	13
Slika 8: Nacionalni program izgradnje avtocest, hitrih cest ter obvoznic na Poljskem	14
Slika 9: Tipski prečni prerez AC v Sloveniji	23
Slika 10: Karakteristična prečna prereza za $V_B = 100 - 70$ km/h v Nemčiji	24
Slika 11: Karakteristična prečna prereza za $V_B = 110 - 80$ km/h v Nemčiji	25
Slika 12: Shematski prikaz usedalnika - lovilca olj (tloris in vzdolžni prerez)	48
Slika 13: Shematski prikaz zadrževalnika (tloris in vzdolžni prerez)	50
Slika 14: Shematski prikaz grobega filtra (tloris in vzdolžni prerez)	53
Slika 15: Shematski prikaz infiltracijskega polja (tloris in vzdolžni prerez)	55
Slika 16: Shematski prikaz zadrževalnika s precejalnikom (tloris in vzdolžni prerez)	58
Slika 17: Shematični prikaz okroglega čistilnega objekta (tloris in prečni prerez)	61
Slika 18: Shematični prikaz čistilnega objekta (situacija in prečni prerez)	62
Slika 19: Različne variante vtokov ter načini umirjanja vodnega toka po ATV-A 166	63
Slika 20: Graf za določitev f_A	66
Slika 21: Shematični prikaz filtracijskega bazena z zadrževanjem in predčiščenjem (situacija)	68
Slika 22: Shematični prikaz sestave filtracijskega bazena (prerez)	69
Slika 23: Shematični prikaz parametrov in dimenzij čelnega preliva (prečni prerez)	74
Slika 24: Shematični prikaz parametrov bočnega preliva (vzdolžni prerez pri mirnem toku)	75
Slika 25: Prikaz parametrov z in h_s	79
Slika 26: Shematični prikaz ponikovalnih jaškov (vzdolžni prerez)	82
Slika 27: Primer delavnega lista iz programa Excel - dimenzioniranje objektov in kontrole	88

KAZALO GRAFOV (diagramov)

Graf 1: Grafični prikaz podatkov o padavinah v logaritmičnem merilu	85
Graf 2: Primerjave površin objektov za 3 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 2) po variantah 1 in 2 slovenskih <i>Navodil</i>	92
Graf 3: Primerjava prostornin objektov za 3 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 2) po variantah 1 in 2 slovenskih <i>Navodil</i>	93
Graf 4: Površine objektov za 3 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 2) – primerjava Slovenija/Nemčija	93
Graf 5: Prostornine objektov za 3 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 2) – primerjava Slovenija/Nemčija	94
Graf 6: Površine objektov za 10 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 1) – primerjava Slovenija/Nemčija	95
Graf 7: Prostornine objektov za 10 km dolg odsek <i>AC</i> (primer 1) – primerjava Slovenija/Nemčija	95

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<i>AC</i>	avtocesta
<i>EOV</i>	enota osebnih vozil
<i>JC</i>	javna cesta
<i>Navodila</i>	Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin
<i>NPIA</i>	Nacionalni program izgradnje avtocest
<i>RAS-Ew</i>	Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS, Teil: Entwässerung
<i>RČN</i>	rastlinska čistilna naprava
<i>TPP</i>	tipski prečni profil

1 UVOD

"Zemlje nismo podedovali od svojih prednikov, ampak smo si jo sposodili od naših otrok!" Verjetno bodo v zgodovinskih knjigah ter raznoraznih člankih čez več 100 let omenjali obdobje med 19. in 21. stoletjem kot "obdobje človeškega smetišča", ali pa kot "po uporabi odvrzi stoletje" - moto ultrapotrošniške družbe. Morda bolj prizanesljivo "obdobje prekomernega izkoriščanja naravnih energetskih virov", ali pa "stoletje izginotja številnih rastlinskih in živalskih vrst",..., vse to le v korist kapitala in dobička. Ugotovitve znanstvenikov s 70. let prejšnjega stoletja so nakazale, da so industrializacija, motorizacija, izraba fosilnih goriv,... prinesli k nenaravnemu segrevanju ozračja. Tako se je splošno stanje zavesti, zavedanja okoljskih problemov ter znanje o naravi dvignilo. Ugotovitev, da nesmotrna izraba narave, ne samo, da ne prinaša spodbudnega trajnostnega razvoja našega planeta, ampak tudi vodi v pogubo človeške vrste, je botrovala ratifikaciji številnih naravovarstvenih resolucij, zakonov, predpisov,... na mednarodni, meddržavni in državni ravni. Nenehne raziskave, odkritja in inovacije na področju varstva narave, ravnanja z odpadki in surovinami so botrovale, da se je stanje okolja, morda ne izboljševalo, ampak vsaj vpliv onesnaževanja nekoliko zmanjšal (vsaj v razvitih državah).

Posebno pozornost pa velja posvetiti vodi – poleg kisika ter ogljikovodikov temeljna sestavina celice in celičnega metabolizma vseh živih bitij. Troatomska molekula s svojimi kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi predstavlja univerzalno topilo, transportno sredstvo ter življenjski "napitek". Pri nas s pitno vodo za enkrat še nimamo večjih težav, v nekaterih državah pa so se s tem problemom že spoprijeli. Predvsem kakovostne, ter vedno bolj količinske težave vodnih virov, bodo v prihodnosti botrovale (tako kot sedaj za nafto) meddržavnim konfliktom ter selitvam narodov. Industrijske, kmetijske in komunalne odplake po svetu onesnažujejo (še zadnje) "neoporečne" vire pitne vode, prav tako kot zastrupljajo rastline in živali, uničujejo in kontaminirajo naravne habitate.

In kaj imajo s problematiko kakovosti voda opraviti avtoceste (nadalje AC)? V širšem okviru AC že same močno degradirajo kulturno krajino, kvarijo njen izgled, zmanjšujejo

biodiverzitetu v ožjem obcestnem svetu, povzročajo veliko hrupa, ovirajo selitev živali,... V okviru te diplomske naloge pa so osrednji negativni vplivi AC: onesnaženje zraka, izpusti toplogrednih plinov v ozračje, posledično odlaganje težjih delcev onesnaženja na cestišču in okolišnjem terenu, sprememba odtočnega režima.

Zadnjo tezo bi lahko podkrepil s preprostim izračunom količine vode, ki bo letno odtekla s celotne površine AC mreže. Po Nacionalnem programu izgradnje avtocest v RS, naj bi bilo do leta 2013 zgrajenih 660 km avtocest in hitrih cest. Če to vrednost pomnožimo s približno širino AC prostora 40 m, dobim površino 26,4 km². Nadalje to pomnožimo z okvirno letno količino padavin 1500 mm, dobim 39.600.000 m³, ali zaokroženo 39,6 milijonov m³ onesnažene padavinske vode letno, katero je, vsaj del, treba pred izpustom v okolje primerno očistiti. Ta voda je pred izgradnjo AC nemoteno poniknila v zemljo, sedaj pa jo zaradi čiščenja točkovno zbiramo in odvajamo. To je še posebej neugodno za manjše recipiente ter tla.

Kljub tem in ostalim negativnim vplivom, pa so AC v sodobni družbi nepogrešljive. Dvo-, tro- ali večpasovne ceste namenjene daljinskemu prometu, s točkovnim dostopom, danes v razvitih državah omogočajo hitro odvijanje prometa. Zaradi svojih karakteristik je potovalna hitrost glede na ostale ceste višja, posledično pa se skrajša čas za potovanja med dvema destinacijama.

Zakaj torej takšna tema? Glavni razlogi so naslednji:

- zavedanje okoljskih problemov in posledic, ki jih povzroča onesnaževanje – poglobljanje znanja na hidrotehnični smeri,
- 4-mesečna študentska izmenjava v okviru programa Erasmus-Socrates na partnerski univerzi Politehnica Gdańska,
- spoznavanje nemških izkušenj in znanj, ki jih imajo na vseh področjih gradbeništva,
- štipendija ter vsakoletno počitniško delo v podjetju CM Celje, podjetje za visoke in nizke gradnje.

2 NAMEN ODVODNJAVANJA AVTOCEST

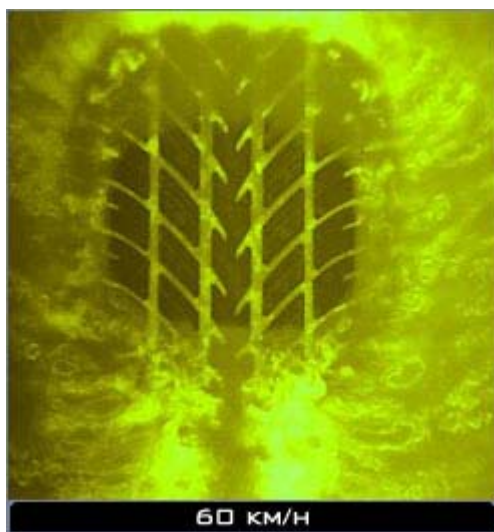
2.1 Varnost v cestnem prometu

Investicijski stroški odvodnjavanja v veliko primerih dosežejo ali presežejo 20% vrednosti projekta, zato se ljudje ob suhem vremenu sprašujemo: "Zakaj je treba graditi drage sisteme za odvajanje cest?"

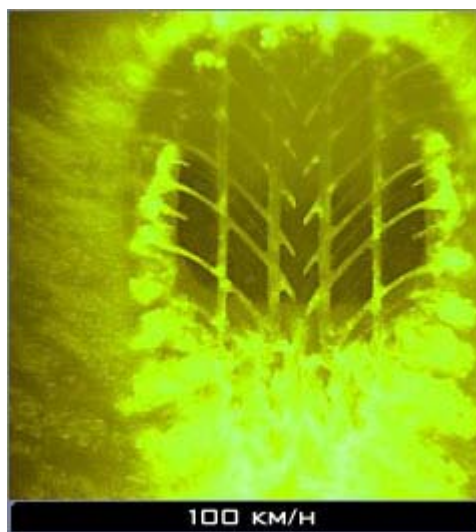
Vsakdo ima izkušnje s keramičnimi ploščicami ali marmornatimi ploščami, ki krasno izgledajo in so običajno prav prijetne za oko in hojo. Občasno pa jih je treba tudi čistiti. In če pri tem spregledamo gospo z metlo ali znak "Pazi, spolzka tla!", se lahko kaj hitro znajdemo na zadnjici. Če se vrnemo nazaj k avtocesti. Ko se začnejo padavine in s 130 km/h drvimo po avtocesti, pri tem pa je treba na hitro zavirati ali celo ustaviti, je odgovor na zgornje vprašanje kot na dlani – "Zaradi varnosti!"

Za doseganje dobrih voznodinamičnih lastnosti je potrebna posebna geometrija cestišča. Prečni in vzdolžni prerezi, horizontalni in vertikalni nakloni cestišča, radiji krivin ter na splošno potek trase, morajo biti pazljivo projektirani, tako da je zagotovljena varna in udobna vožnja. Pri tem pa ne smemo pozabiti na vremenske nevšečnosti. Posebej padavine vseh vrst, pa naj bo sneg, slana, megla ali dež. Te voznodinamične lastnosti cestišča poslabšajo. Avtomobil se lahko premika zaradi trenja med pnevmatiko in podlago. Cestišče pokrito s plastjo vode pa tega ne omogoča več. Gonilna sila, zavorna sila in sile krmiljenja se ne prenesejo s pnevmatike na cestišče, ampak na tanek filem vode, ki povzroči zdrs ter izgubo nadzora nad vozilom. Temu pojavu pravimo "aquaplaning" ali "hydroplaning". Posledice so lahko katastrofalne. Zato je treba premišljeno projektirati tudi odvodnjavanje voda s cestišča. Prečni in vzdolžni nakloni morajo zadoščati, ne samo voznodinamičnim in tehničnim pogojem, ampak tudi varnostnim.

Na spodnjih slikah je prikazano, kako voda v odvisnosti od hitrosti vozila oblije kanale na pnevmatiki in zamnjša stično površino med pnevmatiko in vozno površino.



Slika 1: Stična površina pri 60 km/h¹



Slika 2: Stična površina pri 100 km/h¹

Način in vrsto odvodnjavanja lahko razdelimo na dva, enako pomembna dela:

- Odvodnjavanje vod, ki padejo na neutrjene površine in vode, katere se križajo s traso AC (tuje in zaledne vode) – te vode odvodnjavamo ali reguliramo, da zagotovimo trajnost in stabilnost cestnega telesa in sveta.
- Odvodnjavanje vod, ki padejo na utrjene površine (lastne vode) – te vode odvodnjavamo zaradi varnosti v prometu.

Diplomsko delo se bo ukvarjalo z odvodnjavanjem lastnih vod.

2.2 Ekološki vpliv odvodnjavanja na okolje

Kot že povedano, vodo s cestišča odvodnjavamo zaradi prometno-tehničnega in varnostnega vidika. Čim voda zapusti vozišče, pa se zastavijo naslednja vprašanja: *Kolikšna je celotna količina vode, ki jo je treba odvesti? Kam bomo to vodo odvedli? Kaj bo recipient? Kakšen bo vpliv na okolje? Kakšna je njena kemijska sestava? Ali s tem ne onesnažujemo okolja? Ali s tem ne povzročamo škode drugim (povzročitelj plača posledice)?...*

¹ http://www.motobroker.pl/encyklopedia/encyklopedia_artykuly.asp?IDartykul=4 (30.06.2006).

Naglo slabšanje kvalitete površinskih in podzemnih voda je pripeljalo tudi do sprememb ravnanja z odpadno vodo s cest, ki onesnažuje bližnjo in daljno okolico. Sedimenti in suspendirane snovi v vodi ter aerosoli vsebujejo težke kovine, sulfide, kloride, ogljikovodike... Shaheen, 1975 (Rismal, 1996) je ugotovil, da "Manj kot 5% onesnaženja iz prometa je mogoče pripisati emisiji vozil. Vendar pa sodi to onesnaženje zaradi potencialne toksičnosti med najpomembnejše."² Glavni polutanti ter njihov izvor so³:

Anorganski onesnaževalci:

- **svinec (Pb):** dodatek osvinčenih bencinov (izpušni plini);
- **nikelj (Ni), vanadij (V):** dodatka dizelskim gorivom (izpušni plini);
- **kadmij (Cd), cink (Zn), baker (Cu), železo (Fe), krom (Cr):** dodatki avtomobilskim gumam (obrada avtomobilskih plaščev);
- **mangan (Mn), krom (Cr), nikelj (Ni), železo (Fe):** sestavni elementi zavornih oblog (obrada zavornih oblog);
- **molibden (Mo), brom (Br), antimon (Sb):** dodatki motornim oljem.

Organski onesnaževalci:

- **težkohlapne lipofilne snovi = mineralna olja in maščobe (TLS):** mazalna in zaščitna olja v avtomobilih;
- **poliaromatski ogljikovodiki (PAH):** nepopolno izgorevanje različnih goriv, atmosferski depozit ter obraba zgornjega sloja asfalta.

Preglednica 1: Mejne vrednosti za najpogostejše antropogene onesnaževalce voda z AC

Snov [mg/l]	Slovenija⁴	Poljska⁵	Nemčija⁶
I. NERAZTOPLJENE SNOVI			
1. Neraztopljene snovi	80/160	50,0	
2. Usedljive snovi	0,5/10	0,5	

Se nadaljuje....

² Rismal, M. 1996. Avtoceste in zaščita voda. Voda in ceste – zbornik strokovnega posvetovanja.

³ Pintar, M., Ajdič, M., Leskovšek H. 1998. Kemizem padavinske vode z avtoceste pri Divači in Vipavski dolini. 4.slovenski kongres o cestah in prometu.

⁴ Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaženja; UL RS, št. 35-2291/1996.

⁵ Rozporazádenie ministra šrodowiska z dnia 8 lipca 2004 r.: Dz. U. Nr 168, poz. 1763.

⁶ http://interweb1.hmulv.hessen.de/imperia/md/content/internet/pdfs/umwelt/wasser/gewaesserschutz/progr_art_7_agsg_3_feb03.pdf#search=%22EG-Richtlinie%2076%2F464%2FEWG%22 (21.9.2006).

...nadaljevanje

I. ANORGANSKI PARAMETRI			
3.Cink (Zn)	2,0	2,0	2,0-3,0
4.Baker (Cu)	0,5	0,5	0,5-1,0
5.Svinec (Pb)	0,5	0,5	0,5-1,0
6.Kadmij (Cd)	0,1	0,1	
7.Nikelj (Ni)	0,5	0,5	0,5
8.Železo (Fe)	2,0	10,0	
9.Celotni krom (Cr)	0,5	1,0	0,5-2,0
III. ORGANSKI PARAMETRI			
8.Celotni ogljikovodiki (mineralna olja)	10/50	10	2-20
9.Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki	0,1	0,1	

Po študiji USEPA, 1977 (Rismal, 1996): "...je onesnaževanje 1 vozila/km AC ocenjeno na 0,2 g izpušnih plinov/(vozilo*km) in 0,125 g gume/(vozilo*km)."⁷



Slika 3: Jutranja konica na obvoznici v Varšavi (Foto: M. Žibret)

Ob takšnem antropogenem onesnaženju je naravni cikel oksidacije ter samočistilna sposobnost narave majhna. Tako z neposrednim odvajanjem odplake onesnažujemo podtalnico, ki v Sloveniji ter tudi drugod predstavlja izdaten vir pitne vode. Pri nas so posebej

⁷ Rismal, M. 1996. Avtoceste in zaščita voda. Voda in ceste – zbornik strokovnega posvetovanja.

ogrožena območja krasa ter naplavinjskih vodonosnikov (Ljubljansko polje, Celjska kotlina, Mariborsko-ptujsko polje,...). Tam so krovne, slabo propustne, plasti tanke, koeficient prepustnosti vodonosnih plasti pa je velik. V slovenskih *Navodilih projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin* (v nadaljevanju *Navodila*) je zapisano: "...je treba presoditi, s katerimi ukrepi je mogoče in treba preprečiti oz. zmanjšati onesnaževanje voda in zemljine s padavinskim izplakovanjem cestišč, kot dopolnilo "samočistilnim sposobnostim" zemljine in voda."⁸

Poleg onesnaženosti padavinske odpadne vode pa imamo opraviti še s koncentriranim odtokom (kadar nimamo razpršenega odvodnjavanja). "Ureditve, ki omogočajo čim hitrejši odtok visokih voda (kanaliziranje) z obravnavanega območja, neutemeljeno prenašajo problem visokih voda na dolvodne predele."⁹ Eno temeljnih načel ravnanja z vodo je zadrževanje odtoka na mestu nastanka. Tako bi zbrano vodo lahko namensko uporabljali ali pa jo kontrolirano odvajali v okolje tako, da ne bi povzročala škode.

2.3 Namen in cilji diplomske naloge

Namen diplomskega dela je predstavitev načinov ter namembnosti odvodnjavanja, zadrževanja in čiščenja padavinske odpadne vode (v nadaljevanju *POV*) z utrjenih površin *AC*. Pri tem bo poudarek na hidravličnem dimenzioniranju objektov in naprav za obdelavo *POV*. V tem okviru je treba predstaviti tudi pravno, tehnično in ekološko ozadje. Ker pa so v Nemčiji znanja ter dognanja s tega področja veliko obširnejša, bo predstavljeno, kako je to področje urejeno tam.

Cilji sledijo namenu naloge:

1. opis osnovnih podatkov, ki jih moramo pri dimenzioniranju poznati in upoštevati (trasa *AC*, obremenitev *AC*, padavine, vrsta tal, recipient *POV*,...);

⁸ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS

⁹ Steinman, F. 1996. Vodnogospodarski vidiki pri gradnji prometnic. Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. DRC. Novo mesto., 1-5

2. predstavitev načinov odvodnjavanja ter čiščenja odpadne vode;
3. metode dimenzioniranja objektov za obdelavo *POV* po slovenskih in nemških smernicah;
4. hidravlično dimenzioniranje objekta na fiktivnem primeru odseka *AC*.

3 NARAVNE DANOSTI, PREDPISI IN STANJE TEHNIKE

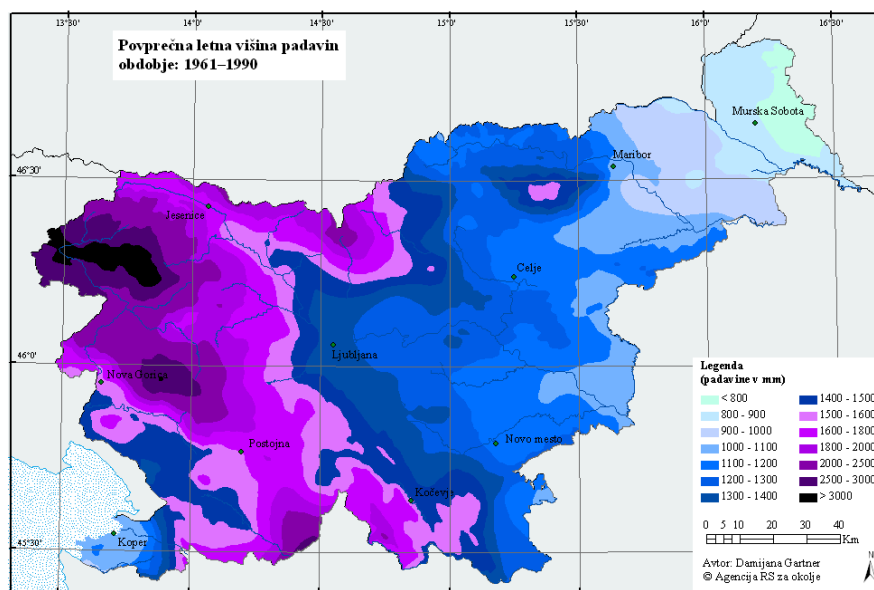
3.1 Naravne danosti in razvoj avtocestne mreže v Sloveniji, Nemčiji in na Poljskem

3.1.1 Slovenija

Slovenija je 10. njamanjša država v Evropi ter najbolj razvita med novimi članicami EU. Glede na velikost površine je geografsko in geološko izjemno raznolika. V grobem jo ločimo na 4 pokrajinske enote: Alpe, Panonsko kotlino, Dinarsko gorstvo ter Jadransko primorje. Večji vodotoki (Sava, Drava, Mura, Soča, Savinja in Krka) ter ledeniška dejavnost pa so med te enote vrinile še doline, kotline ter polja. Tako kot je Slovenija geografsko, je tudi padavinsko raznolika. Povprečna letna količina padavin je 1567 mm^{10} . Le te pa so po prostoru in času izjemno neenakomerno porazdeljene. Količina padavin pada od zahoda proti vzhodu. Tako v Alpah pade $2500\text{--}3000 \text{ mm}$ in več, Dinarskem gorstvu $1500\text{--}2500 \text{ mm}$, na Primorskem $1000\text{--}2500 \text{ mm}$ padavin. Osrednji, južni ter vzhodni gričevnat in hribovit svet dobi $1000\text{--}1500 \text{ mm}$, najmanj padavin pade v Panonskem nižavju, le $700\text{--}1000 \text{ mm}$. Najbolj izdatne padavine nastanejo ob poletnih nalivih in nevihtah. Količinsko in časovno pa so najizdatnejša in najdaljša jesenska in spomladanska padavinska obdobja (na merilni postaji Soča so novembra, leta 2000 namerili 1494 mm padavin¹¹ – 3x vrdsnost letnih padavin na večini ozemlja Poljske). Vodno bogastvo naše države je izjemno! V primerjavi s sosednjo Madžarsko (povprečna letna količina padavin je 650 mm), ki je skoraj 5x večja, tam skupno pade $60,47 \text{ km}^3$ padavin, na našo malo domovino pa $31,69 \text{ km}^3$! Torej Madžarska ne prejme niti 2x toliko.

¹⁰ MOP ter HMZ Slovenije. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije – 50 let organizirane hidrometeorološke službe na Slovenskem 1947-1997. Ljubljana, MOP.

¹¹ http://www.arso.gov.si/podro-cja/vreme_in_podnebje/podnebje/pad_vis.pdf (05.07.2006).



Slika 4: Povprečna letna količina padavin po Sloveniji med leti 1961 in 1990¹²

Cestna infrastruktura v Sloveniji je v zadovoljivem stanju. Po podatkih Direkcije za ceste RS ima ta družba v nadzoru 94 km hitrih cest, 1007 km glavnih cest ter 4797 km regionalnih cest. DARS pa trenutno upravlja s 456,9 km AC (štiripasovne avtoceste, predor Karavanke ter štiripasovne hitre ceste). Izgradnja AC se je v Sloveniji pričela že v času Jugoslavije, leta 1970. Do sprejetja Nacionalnega programa izgradnje avtocest (v nadaljevanju *NPIA*) leta 1994 jih je bilo zgrajenih 139,1 km. Po *NPIA* iz leta 1994 naj bi bilo do leta 2004 zgrajenih 553,7 km novih hitrih cestnih povezav, kar se seveda ni uresničilo. Tako je bil v istem letu sprejet nov plan, po katerem naj bi avtocestni križ dokončali najkasneje do leta 2013. Do takrat naj bi prometu predali 660 km AC¹³.

V Sloveniji je za upravljanje s cestami zadolžena Direkcija Republike Slovenije za ceste (DC RS), katerega del, Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (DARS) skrbi za izgradnjo ter upravljanje z AC. Obe družbi delujeta pod okriljem Ministrstva za promet RS.

¹² http://www.arso.gov.si/podro-cja/vreme_in_podnebje/podnebnje/karte/karta4028.html (05.07.2006).

¹³ <http://www.dars.si/index.php?id=134> (05.07.2006).



Slika 5: Že zgrajeni ter odseki v gradnji slovenskega avtocestnega programa¹⁴

3.1.2 Nemčija

Gospodarsko najrazvitejša ter po številu prebivalcev najštevilčnejša država v Evropi, kjer ima vsak 1,8 Nемеc avtomobil. Po statističnih podatkih iz leta 2003 je v Nemčiji registriranih 547 avtomobilov in kombijev na 1000 prebivalcev, tovorna vozila niso všteta. To povzroča ogromen pretok vozil in prave prometne infarkte.

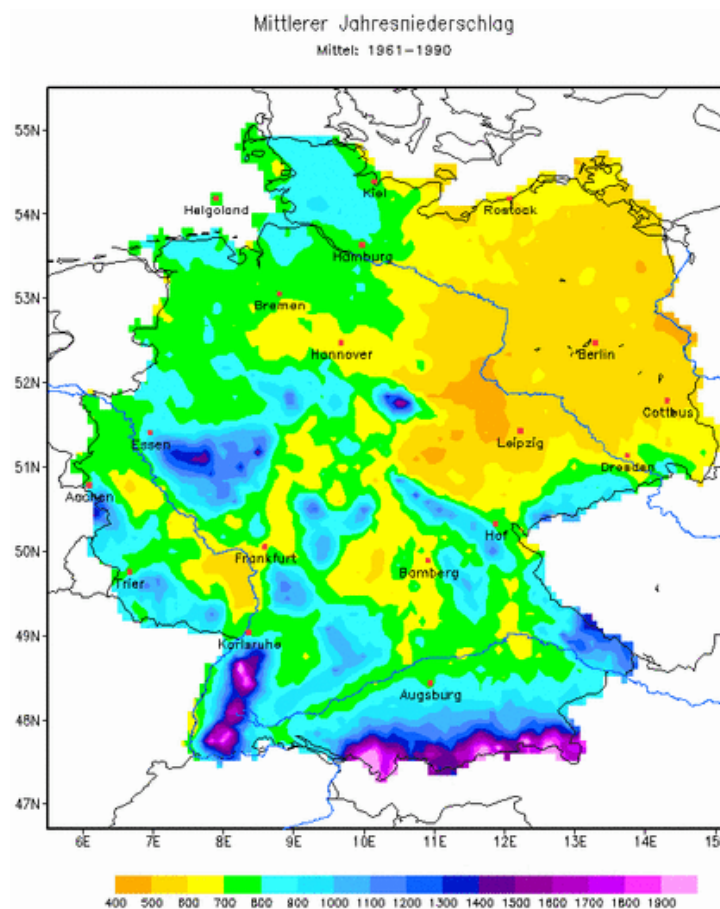
Geografsko severni del države leži v Nemško-poljskem nižavju. Osrednji del je sestavljen iz starih masivov, ki tvorijo gričevnat ter hribovit svet med 500 in 1500 metri. Na jugu pa država sega do obronkov Alp. Površje so poleg skandinavskega ledenega pokrova preoblikovali številni vodotoki, med katerimi so največji: Ren, Donava, Odra, Laba ter Vesera.

Glede na velikost in geografsko raznolikost je tudi podnebna slika podobna. Zaradi vlažnega in toplega Atlantskega zraka je na severu in severozahodu države milo atlantsko podnebje, ki proti jugu in vzhodu prehaja v kontinentalno. Na jugu pa z obilico padavin ter mrzlimi zimami prevladuje gorsko podnebje. Letno povprečje padavin je v Nemčiji 770 mm¹⁵. Dejansko pa so padavine po območju zelo neenakomerno razporejene. Količina pada od zahoda proti vzhodu ter od juga proti severu. Padavine so najobilnejše v poletnih nevihtah

¹⁴ <http://www.dars.si/index.php?maps=2> (05.07.2006).

¹⁵ <http://www.hydroskript.de/html/index.html?page=/html/hykp0406.html> (05.07.2006).

(vedno pogosteje neurjih) ter jesenskih deževnih obdobjih, ob katerih v zadnjih letih večji vodotoki radi prestopijo bregove (1997-Odra, 2002-Laba, 2003-Ren,...)



Slika 6: Porazdelitev padavin po Nemčiji

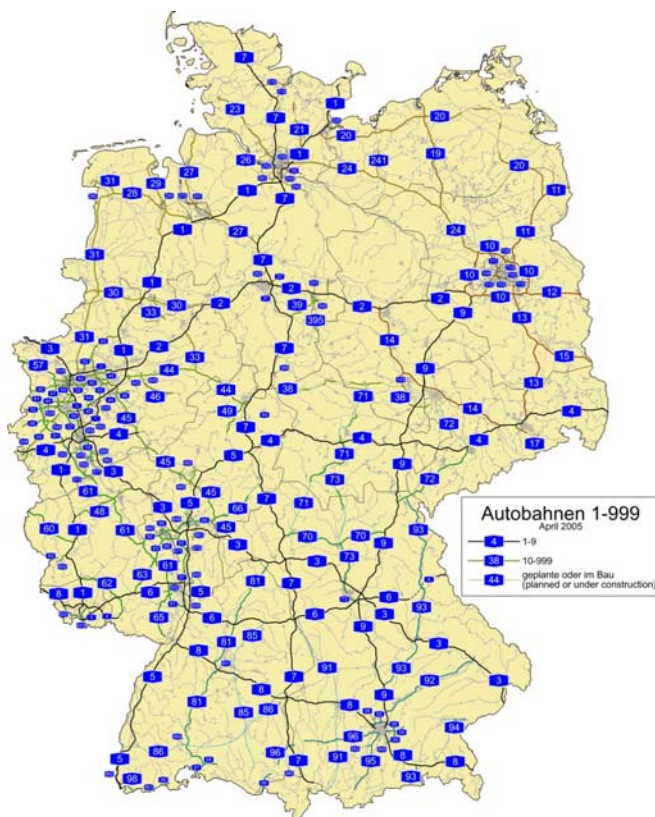
Nemčija ima glede cestnega transporta ter gradnje cestne infrastrukture zelo dolgo tradicijo. Ima eno najbolj razvejanih cestnih omrežij na svetu. "Nemčija je najbolj tranzitna država v Evropi", piše na spletni strani Zveznega ministrstva za promet, gradnjo in razvoj mest¹⁶. Prvo testno in kasneje kot pravo AC so sprojektirali (leta 1909) ter zgradili (leta 1921) prav v Nemčiji. Odsek poimenovan po projektantskem biroju AVUS (9 km dolg odsek) je še danes del AC A115 Berlin – Potsdam. V Nemčiji je celotno javno cestno omrežje dolgo 231.500 km. Od tega je 12.200 km AC (Autobahn), 41.000 km zveznih cest (Bundesstrassen) ter ostalo ceste nižjih redov¹⁷. Najdaljši AC del, avtocesta A7¹⁸ (poteka sever-jug od meje z Dansko do

¹⁶ http://www.bmvs.de/Verkehr/-_1430/Strasse.htm (06.07.2006).

¹⁷ <http://www.destatis.de/basis/d/verk/verktab1.php> - nemški statistični urad (06.07.2006).

¹⁸ http://de.wikipedia.org/wiki/Bundesautobahn_7 (06.07.2006).

meje z Avstrijo) je s svojimi 945 km daljši kot slovenska in poljska AC mreža skupaj! Po 5. izdaji zakona o izgradnji daljinskih povezovalnih poti iz leta 2004 pa imajo v planu do leta 2015 zgraditi še 1900 km novih AC ter 2200 km dograditev in rekonstrukcij odsekov.



Slika 7: Nemška avtocestna mreža

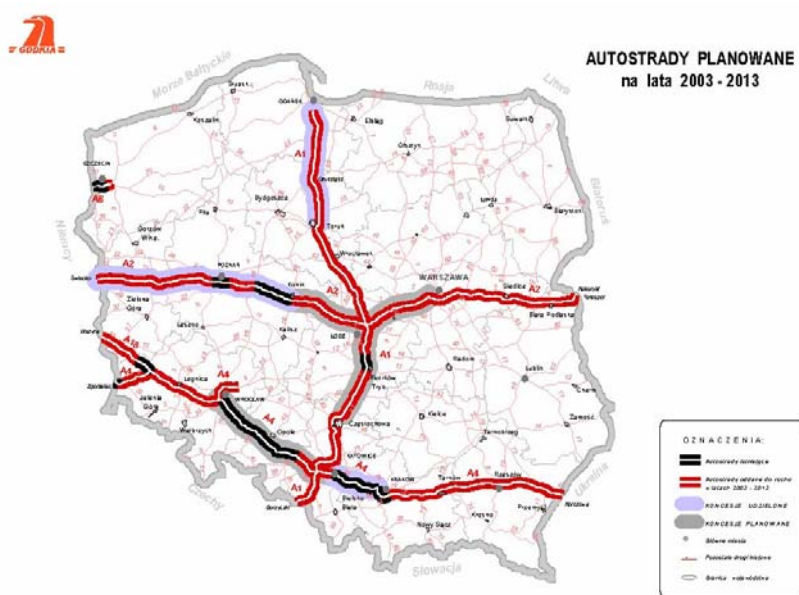
V Nemčiji zakone, predpise ter nacionalne programe sprejema Bundestag – zvezni parlament. V vlogi države Ministrstvo za promet, gradnjo ter razvoj mest (Bundesministerium fuer Verkehr, Bau und Stadt entwicklung) skrbi za celostni razvoj cestne infrastrukture. Posamezne pokrajinske vlade pa imajo svoje instrumente s katerimi nato gradnjo izvajajo.

3.1.3 Poljska

Je 9. največja država v Evropi ter največja med novimi članicami EU, pretežno ravninska dežela, s kar 91,3% površja pod 300 m nadmorske višine. Geografsko skoraj v celoti leži v Nemško-poljskem nižavju na severu, ki preko nizkega gričevnatega sveta v osrednjem delu prehaja v gorstvo Sudetov in Karpatov na jugu. Površje so oblikovali ledeniki ter 4 večji

vodotoki: Odra, Visla, Varta ter Bug. Zaradi ledeniške aktivnosti ima Poljska številna jezera (največ v Mazuriji na severu), med katerimi jih je kar 8300 večjih od 1 ha¹⁹.

Kljub temu pa je Poljska, zaradi oddaljenosti od Atlantskega oceana ter vpliva severovzhodnih anticiklonov, z vodo dokaj revna država. Tako je povprečni letni odtok z območja Poljske le 1580 m³, kar je v primerjavi z evropskim povprečjem 4560 m³, malo²⁰. Njeno tipično kontinentalno podnebje prinese poleti kot dež 2x več padavin kot pozimi, ko v glavnem sneži. Povprečna letna količina padavin je 583 mm. Večina Poljske prejem 500 – 600 mm, osrednji gričevnati del 450 – 550 mm, Karpati in Sudeti na jugu pa 800 – 1500 mm. Poleg majhne količine padavin, pa dodatne težave povzročajo tudi po času in prostoru njihova neenakomernost. Tako so leta 1992 zabeležili katastrofalno sušo, 5 let kasneje pa je ogromno ekonomsko in sociološko škodo povzročil prestop bregov reke Odre na zahodu.



Slika 8: Nacionalni program izgradnje avtocest, hitrih cest ter obvoznih na Poljskem

Cestna infrastruktura je na Poljskem v zelo slabem stanju, vendar se je začela po letu 2003 (sprejetje nacionalnega programa izgradnje AC ter zakona o financiranju avtocest – Ustawa o autostradach płatnych) modernizirati. Celotna cestna mreža obsega 360.300 km, od tega

¹⁹ <http://www.business-in-poland.com/11.html> (02.07.2006).

²⁰ http://www.icid.org/i_d_poland.pdf (04.07.2006).

186.000 km lokalnih in medkrajevnih cest, 18.090 km državnih cest, od tega samo 400 km AC, ostalo so kolovozi in druge ceste. Po sprejetju zgoraj navedenega zakona, so že leta 2004 prometu predali 210 km avtocest, 270 km pa jih je še v izgradnji. Celotni plan do leta 2013 obsega izgradnjo kar 2000 km novih AC, nadgradnje hitrih cest in obvoznic.

Nad projektom kot investitor in nadzorni bdi Generalna direkcija za nacionalne ceste in avtoceste (Generalna Dyrekcja Drog Krajowych I Autostrad-GDDKiA). Direkcija deluje pod Ministrstvom za infrastrukturo (Ministerstwo Infrastruktury).

3.2 Izhodišča za izbiro primernega sistema odvodnjavanja ter vrste zaščite recipienta

Da se odvodnjavanje čimbolj sonaravno, okolju prijazno, racionalno ter ekonomično izvede, je treba pred samim projektiranjem proučiti številne dejavnike. Najodločilnejši pri tem so: količina, dolžina ter intenziteta padavin, vrsta in količina onesnaženja, vrsta recipienta, geološka ter hidrogeološka sestava tal. "Pri presoji potrebnih ukrepov za preprečevanje in zmanjšanje onesnaževanja okolice in cestišča je treba razlikovati med: vrsto onesnaženja, prepustnostjo tal in območjem, kjer poteka trasa avtoceste, ter lastnostmi končnega recipienta padavinskega odtoka iz AC."²¹

Zakon o javnih cestah (1997) glede ceste opredeljuje naslednje pojme²²:

1. **cestno telo** (21. točka) je del javne ceste, ki ga sestavljata nasip in voziščna konstrukcija;
2. **cestišče** (23. točka) je del javne ceste, ki ga sestavljajo vozišče, ločilni in robni pasovi, kolesarske steze in pločniki ter bankine in naprave za odvodnjavanje tik ob vozišču ali robnem pasu (segmentni jarki ali mulde, koritnice);
3. **vozišče** (24. točka) je del cestišča, ki ga sestavljajo en ali več vozni pasov in posebni pasovi;

²¹ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

²² Zakon o javnih cestah. Uradni list RS 29/1997.

4. **brežina** (25. točka) je naravno nastala ali zgrajena nagnjena površina zemljišča ob cestnem telesu;
5. **cestni svet** (26. točka) je največ 2 m širok zemljiški pas, merjen od črte, ki jo sestavljajo na podlagi predpisov o projektiranju javnih cest in njihovih elementov določene končne točke prečnega profila cestnega telesa z napravami za odvodnjavanje in brežinami ceste oziroma pri avtocestah od varovalne ograje, ter zračni prostor nad voziščem v višini 7 m od najvišje točke vozišča;
6. **naprave za odvodnjavanje javne ceste** (27. točka) so naprave za zbiranje, odvajanje in/ali preusmerjanje površinske in talne vode (odvodni jarki, koritnice, plitve in globoke drenaže, vtočni in revizijski jaški, prepusti, kanalizacija, vodnjaki, ponikalnice in podobno).

3.2.1 Vrste padavinskega odtoka

Glede na sestavo cestnega sveta, lahko tudi nastanek padavinskega odtoka razdelimo na več vrst. Predvsem je tukaj glavni dejavnik mesto nastanka. Ločimo²³:

- Lastne vode - so padavinske vode, ki padejo na utrjene površine javnih cest.
- Zaledne vode - so padavinske vode, ki padejo na neutrjene površine javnih cest.
- Tuje vode - so vode, ki nastajajo drugje in so samo v neposrednem stiku s cestnim svetom.

Glede na to razdelitev je nato odvisna tehnika odvodnjavanja. V *Navodilih* je zapisano: "Pri načrtovanju odvodnje AC je treba ločiti med odvodnjo utrjenih cestišč, brežin, usekov in zalednih prispevnih površin AC. Načeloma mora biti odvodnja načrtovana z ločenim odvodom cestišč, ki je, skladno s temi navodili, speljan v lovilne bazene. Padavinski odtok z brežin, usekov in širšega prispevnega območja se načeloma odvaja ločeno v odprtih jarkih." Torej lastne vode odvodnjavamo po ločenem sistemu kot zaledne vode in le te se nato vodijo v čistilne objekte.

²³ Steinman, F. Predlog za Uredbo o odvodnjavanju in čiščenju padavinske vode z javnih cest.

3.2.2 Vrste onesnaževanja

Glede na izvor onesnaženja ločimo:

- onesnaževanje zaradi možnih katastrofalnih razlitij polutantov – katastrofalno onesnaženje (havarije);
- onesnaževanje s padavinskim izpiranjem cestišč – permanentno onesnaženje.

Katastrofalno onesnaženje nastane, kadar pride do prometne nezgode, v kateri je udeleženo tovorno vozilo - cisterna, ki prevaža nevaren, strupen, dražljiv, radioaktiven ali drug nevaren tovor. Posebej nevarne so tekočine (bencini, olja, ostali naftni derivati, raznorazne tekočine, ki so produkt kemijske industrije), saj tako kot voda odtečejo s cestne površine. Takšno onesnaženje je potrebno zadržati in očistiti, preden doseže recipient ali podtalnico.

Druga vrsta onesnaženja je dolgotrajna ter neprestano prisotna (promet). Gledano na krajši rok, je to onesnaženje mnogo manj škodljiva kot havarije, na dolgi rok pa prav tako predstavlja veliko količino nevarnih antropogenih snovi. Izvor ter sestava permanentnega onesnaženja je bilo predstavljeno v točki 2.2.

3.2.3 Recipienti odpadne padavinske vode

Od lastnosti recipienta in njegove ogroženosti je odvisna gradnja dodatnih zadrževalnih in čistilnih objektov. V nadaljevanju je predstavljena izbira načina odvodnjavanja in čiščenja glede na recipient po slovenskih *Navodilih*. Predpise, kako ta problem rešujejo v Nemčiji in na Poljskem, v dosotopni literaturi ni bilo možno zaslediti.

3.2.3.1 Tla

AC pogosto potekajo po razpoklinskih ali naplavinskih vodonosnikih, kraških tleh ter drugih ranljivih območjih, kjer je koeficient prepustnosti velik in samočistilna sposobnost tal majhna. "Tako je ena petina slovenskega ozemlja prekrita z varstvenimi pasovi, ki so že sprejeti ali šele predlagani. Še večji del površine predstavljajo napajalna zaledja potencialnih virov pitne vode." (Brenčič et al., 2000) Posebej naplavinski vodonosniki ter kraška tla, če ne direktno,

vsaj posredno služijo kot vodni viri za pripravo pitne vode. V takšnih primerih je treba postopati še posebej pazljivo (primer križanja Severne ljubljanske obvoznice ter napajalnega vira vodarne Hrastje, avtocestni odsek Postojna ter vodarna Malni. Pri tem sta pomembna podatka: koeficient prepustnosti, ki je v Sloveniji za večje pridobivanje pitne vode, običajno $k > 10^{-6} \text{ m/s}^{24}$ ter transmisivnost vodonosnika, ki je za naplavinske običajno $T = 0,015 \text{ m}^2/\text{s}^{25}$). Pri analizi problema ter rekonstrukciji stanja nam pomagajo: geološke in hidrogeološke raziskave, kartiranje, analiza vrtin ter piezometrične preiskave območja. Vrsta ter obseg preiskav je seveda odvisna od projekta.

Na podlagi teh podatkov se nato postavi model ranljivosti vodnega vira. "Model občutljivosti vodnega vira temelji na oceni hitrosti prodora morebitnega onesnaženja skozi nezasičeno cono do podzemne vode in na oceni hitrosti napredovanja onesnaževala v zasičeni coni." (Brenčič et al., 2000).

V *Navodilih* so ločeni 4 tipi tal:

1. slabo prepustna tla brez podtalnice in brez direktnega odtoka v vodotoke ali podtalnico,
2. slabo prepustna tla z vodonosnimi sloji podtalnice,
3. kraška tla,
4. zaščiten in vplivna območja vodovodnih zajetij podtalnice.





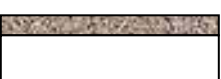
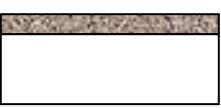
V 1. primeru se voda zbira v obcestnih jarkih in se vodi v lokalne depresije (po potrebi gradbeno obdelane, da je preprečeno poplavljanje). V primeru prelivanja ter škode se zgradijo ponikovalnice, zadrževalni bazeni pa kontrolirano dovajajo vodo v ponikovalnik. V tem primeru zadrževalni bazen opravlja tudi funkcije zadrževanja katastrofalnih razlitij ter usedalnika – lovilca olj.

²⁴ Brenčič, M., Prestor, J. 2000. Vloga in pomen hidrogeološke ocene na izbiro sistemov za odvodnjavanje. Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin"-MEGRA.

²⁵ Uhan, J., Mikulič, Z. 1996. Hidrogeološka izhodišča načrtovanja cest na ravninskih vodonosnikih. Voda in ceste – zbornik strokovnega posvetovanja.




Za 4. primer (I., II. in III.A zaščitni pas) je v *Navodilih* zapisano, da "...je treba za vsak posamičen primer izdelati podrobno sanitarno hidrotehnično analizo in projekt potrebnih zaščitnih ukrepov obravnavanega vodnega vira, ki zagotavljajo najvišjo možno zaščito vodnega vira." Za 2. in 3. primer pa so ukrepi (tako kot v *Navodilih*) predstavljeni v spodnjih preglednicah. Pri tem se v *Navodilih* štejejo kot slabo prepustna tla podlaga s koeficientom prepustnosti $k < 10^{-5} \text{ m/s}$, kot prepustna pa podlaga s $k > 10^{-5} \text{ m/s}$.

Preglednica 2: Predpisani ukrepi, kadar je recipient podtalnica²⁶

Debelina plasti	Prepustnost krovne zemljine	
	$k \leq 10^{-5} \text{ m/s}$	$k \geq 10^{-5} \text{ m/s}$
3.2.1  $\geq 2\text{m}$ $\leq 5\text{m}$	Disperzno*	Disperzno*
3.2.2  $\geq 2\text{m}$ $\geq 5\text{m}$	Disperzno*	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + počasni biološki filter
3.2.3  0,5-2m $\leq 5\text{m}$	Disperzno*	Disperzno*
3.2.4  0,5-2m $\geq 5\text{m}$	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter +počasni biološki filter - ponikovalnik
3.2.5  humus $\leq 7\text{m}$	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter +počasni biološki filter - ponikovalnik	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter +počasni biološki filter - ponikovalnik
3.2.6  humus $\geq 7\text{m}$	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter +počasni biološki filter - ponikovalnik	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter +počasni biološki filter - ponikovalnik

²⁶ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

Preglednica 3: Predpisani ukrepi, kadar so recipient kraška tla²⁷

Debelina plasti		Prepustnost krovne zemljine	
		$k \leq 10^{-5} \text{ m/s}$	$k \geq 10^{-5} \text{ m/s}$
3.3.1	 $\geq 1\text{m}$	Disperzno*	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter + počasni biološki filter
3.3.2	 $0,5\text{-}1\text{m}$	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter + počasni biološki filter	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter + počasni biološki filter
3.3.3	 brez krovne zemljine	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter + počasni biološki filter	Usedalnik + vodotesni zadrževalnik + grobi filter + počasni biološki filter

*Disperzno odvodnjavanje *AC* pomeni, da se padavinski odtok iz požiralnikov na *AC* spelje v obcestni jarek in v zadrževalnik odtoka z menihom, ki mora biti na koncu jarka. Odtok iz meniha se spelje v teren disperzno, vendar kontrolirano tako, da ne more povzročiti škode (v obstoječe depresije, če niso obdelane ali podobno)

3.2.3.2 Tekoče vode (reke in potoki)

Za primer tekoče vode, so potrebni ukrepi podani v spodnji preglednici.

Preglednica 4: Predpisani ukrepi, kadar so recipient tekoče vode²⁸

Koeficient prepustnosti zemljine k [m/s]	q_{krit} [l/(s*ha)]	$Q_{\text{krit}} \geq 1/10 Q_{\text{SNV}}$ [m ³ /s]	$Q_{\text{krit}} \leq 1/10 Q_{\text{SNV}}$ [m ³ /s]
$k \leq 10^{-5}$	15	zadrževalnik + pogoji ČN*	usedalnik + pogoji**
$k \geq 10^{-5}$	15	neprepusten zadrževalnik + pogoji ČN*	neprepusten usedalnik + pogoji**

*Kadar je recipient posebej ogrožen, je treba zgraditi še ČN, po lokalnim pogojem najprimernejši shemi iz poglavja 6 *Navodil*

** Obvezna izgradnja zadrževalnika katastrofalnih razlitij ter lovilca olj v kombinaciji z usedalnikom.

²⁷ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

²⁸ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

Kadar imamo v bližini tekoče vode, ni treba graditi ponikovalnic, ampak vodo neposredno odvajamo vanjo. Pri tem jih ločimo glede na srednji nizki pretok – Q_{SNV} na manjše reke in potoke ($Q_{krit} \geq 1/10 Q_{SNV}$) in močnejše reke ($Q_{krit} \leq 1/10 Q_{SNV}$). V obeh primerih je neposredno spuščanje odpadne vode v vodotoke prepovedano.

3.2.3.3 Stoječe vode (jezera, ribniki, akumulacije)

Samočistilna sposobnost stoječih voda je zaradi manjše vsebnosti kisika nižja kot pri tekočih vodah. Zato s posebnimi limnološkimi in higienskimi analizami določimo maksimalni dopustni odtok q_{0max} in potrebno kakovost vode pred izpustom v recipient. Če je treba dodatno čiščenje, ga je treba utemeljiti. V tem primeru pa q_{0max} iz zadrževalnika ne sme biti večji od sposobnosti čiščenja dodatnega čistilnega objekta.

Odvodnjavanje odpadne vode v stoječe vode, ki se uporabljajo za pripravo pitne vode, je prepovedano.

Preglednica 5: Predpisani ukrepi, kadar so recipient stoječe vode²⁹

Koeficient prepustnosti zemljine k [m/s]	q_{krit} [l/(s*ha)]	Ukrep
$k \leq 10^{-5}$	se določi na osnovi samočistilne sposobnosti recipienta	zadrževalnik + grobi filter + pogoji ČN*
$k \geq 10^{-5}$	se določi na osnovi samočistilne sposobnosti recipienta	neprepusten zadrževalnik + grobi filter + pogoji ČN*

*V Navodilih je pod poglavjem 5 in 6 natančneje opredeljeno, kaj so pogoji ČN

Za zaključek velja še omeniti, da je treba za odseke AC, ki prečkajo pomembna vodozbirna območja pitne vode ali druga naravovarstveno zaščitena območja (mokrišča, kraške vrtače in uvale) izdelati poseben vodovarstveni projekt za zaščito kakovosti in količine pitne vode.

²⁹ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

3.3 Kategorizacija javnih cest ter načini odvodnjavanja vode z njih

Zakon o javnih cestah v svojem 14. členu definira javne ceste (2. točka), *AC* (5. točka) ter ceste rezervirane za motorna vozila (18. točka) takole:

- **cesta** je tista prometna površina, ki jo je pristojni organ v skladu z merili za kategorizacijo javnih cest razglasil za javno cesto določene kategorije in jo lahko vsak prosto uporablja na način in ob pogojih, določenimi z zakonom in drugimi predpisi;
- **avtocesta** je državna cesta, ki je namenjena daljinskemu prometu motornih vozil in ki je sestavni del avtocestnih povezav s sosednjimi državami; njen sestavni del so tudi posebej zgrajeni priključki nanjo;
- **cesta, rezervirana za motorna vozila**, je javna cesta, po kateri smejo voziti samo tista motorna vozila, ki v skladu s predpisi o varnosti cestnega prometa lahko razvijejo določeno hitrost, in je označena s predpisano prometno signalizacijo.

3.3.1 Kategorizacija cest ter avtocest in predpisani geometrijski elementi

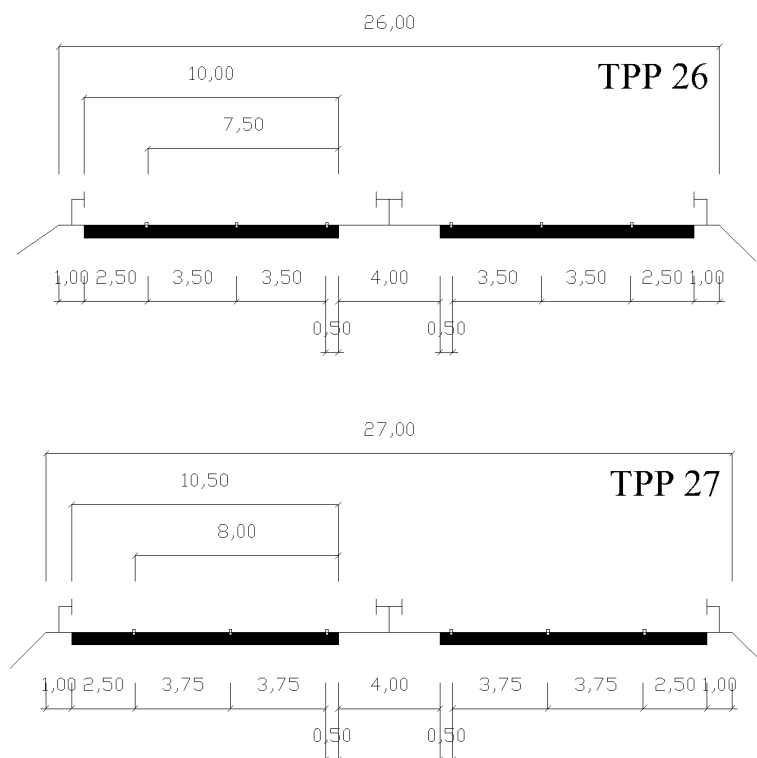
Ceste v Sloveniji (*Pravilnik o projektiranju cest*) kategoriziramo glede na njihovo prometno funkcijo. *AC* in *HC* so ceste rezervirane za motorna vozila.

Preglednica 6: Kategorizacija cest v Sloveniji po Pravilniku o projektiranju cest³⁰

Funkcija ceste	Oznaka	Vrsta ceste	Oznaka
Daljinska cesta	DC	avtocesta, hitra cesta, glavna cesta	AC, HC, GC
Povezovalna cesta	PC	glavna cesta, regionalna cesta	GC, RC
Zbirna cesta	ZC	regionalna cesta, lokalna cesta	RC, LC
Dostopna cesta	DP	lokalna cesta, javna pot	LC, JP

Tipski prečni profil (v nadaljevanju *TPP*) je za *AC* v Sloveniji odvisen od projektirane hitrosti. Obstajata dve varianti: 130 km/h (*TPP 27*) in 110 km/h (*TPP 26*).

³⁰ Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91/14.10.2005:9303



Slika 9: Tipski prečni prerezi AC v Sloveniji

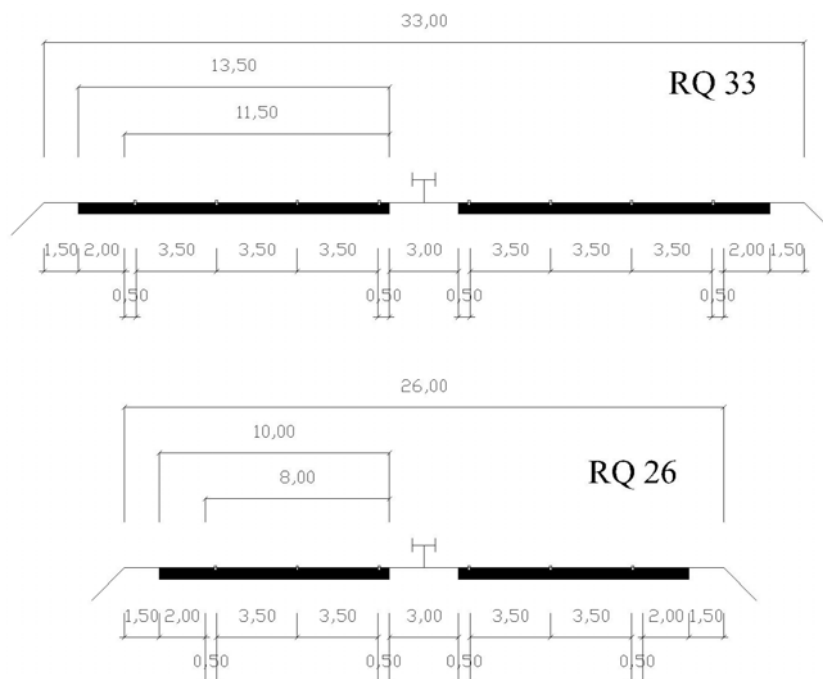
V Nemčiji imajo strukturo kategorizacije cest nekoliko kompleksnejše zastavljeno. Opredelijo jih v 5 razredov (od A do E), v odvisnosti od funkcije (planerische massgebende Funktion), lege (Lage) in zazidljivosti okolišnjega terena (Strassenumfeld). Nadalje te razrede delijo še v podrazrede ali rede (po rimskih številkah od I do VI). Le te ločijo po stopnji povezovalne namembnosti (Verbindungsfunktionsstufe) ali drugače povedano – kaj ceste med sabo povezujejo (dežele, regije, večja mesta, občine, kraje...). Po nemškem predpisu RAS-L je tako možnih 22 kombinacij (po križanju 5 s 6 jih bi moralo biti 30, vendar zaradi nerealnih kombinacij, nekatere odpadejo).

V slovenskih predpisih je AC enolično določena, v nemških pa pojmu AC ustreza več kategorij, nikjer pa ni eksplicitno napisano avtocesta (Autobahn). V Nemčiji cesti rezervirani za motorna vozila ustrezajo kategorije AI, AII, AIII in BI. Po drugi strani pa so kot dvopasovne označene AI, AII, AIII, BI, BII, BIII ter CIII. Kategorije, ki po projektirani (dovoljeni) hitrosti in TPP ustrezajo avtocesti so: AI, AII in BI.

Preglednica 7: Kategorizacija cest v Nemčiji po standardu RAS-N³¹

Kategorija	Kategorija ceste	Vrsta prometa	Dovoljena max v [km/h]	Št. pasov	Tipični prerezi
A	AI	motorna vozila	/	2 ali 3	RQ35,5
		motorna vozila	≤ 100 (120)	1	RQ29,5
	AII	motorna vozila	/	2 ali 3	RQ33
		motorna vozila	≤ 100	1	RQ26
	AIII	motorna vozila	≤ 100	2	RQ20
		vse	≤ 100	1	
B	BI	vse	≤ 100	2 ali 3	RQ33 RQ26
	BII	vse	≤ 80	2	RQ33 RQ26
	BIII	vse	≤ 70	2	
≤ 70			1		
C	CIII	vse	≤ 60	2	
				1	

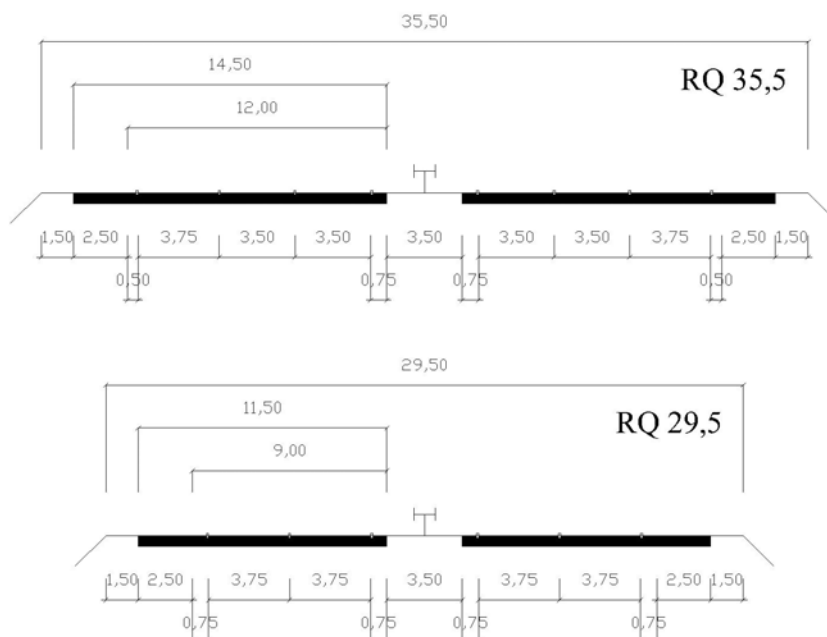
Na podlagi kategorije ceste in računsko najmanjše hitrosti – V_B ter predvidene gostote prometa določajo *TPP* (RQ – Regelquerschnitt).



Slika 10: Karakteristična prečna prereza za $V_B = 100$ in 70 ³² km/h v Nemčiji

³¹ Iz vseh 22 kombinacij sem izbral samo tiste, ki so dvopasovne in imajo predpisano višjo potovalno hitrost

³² Najnižja vrednost je predpostavljena za ekstremno topografijo terena.



Slika 11: Karakteristična prečna prereza za $V_B = 110$ in 80 km/h v Nemčiji

Za avtocestne odseke pa so predpisane tudi določene karakteristike vzdolžnega in prečnega profila, katerim mora vozišče ustrezati za udobno in varno vožnjo.

Preglednica 8: Primerjava predpisanih karakteristik za avtoceste Slovenija - Nemčija

Podatek	Slovenija ³³	Nemčija ³⁴
Nagib nivelete		
max [%]	3,0/4,0/5,0/6,0*	4,0/4,5 ⁺
min [%]	ni predpisano	priporočeno 0,7 ali 1,0
Prečni nagib vozišča		
max [%]	7,0	8,0 ⁺
min [%]	2,5	2,5 ⁺
Minimalni radij horizontalne zaokrožitve		
pri qmin	3000/1700**	3300/1800 ⁺⁺
pri qmax	900/600**	800/500 ⁺⁺
Minimalni radij vertikalne zaokrožitve		
konkavni	20000/12000**	16000/8000 ⁺
konveksni	15000/8000**	8800/3800 ⁺

* Vrednosti od leve proti desni so maksimalni nakloni nivelete za ravninski/gričevnat/hribovit/gorski teren

** Vrednosti sta za projektirane hitrosti 130/110 km/h

³³ Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 26042-7/2004.

³⁴ Wolf, P. 2000. Strassenplanung – 6. Auflage. Duesseldorf. Werner Verlag.

⁺ Predpisano glede na načrtovano hitrost $V_e = 100/120$ km/h

⁺⁺ Predpisano in prebrano iz grafa v obravnavani literaturi glede na dejanski hitrosti $V_{85} = 130/100$ km/h

Navedene dimenzije tipskih prečnih profilov (TPP in RQ) so pomembne za določanje površin, s katerih odtekajo lastne vode z javnih cest.

3.3.2 Tehnike in tehnologije odvodnjavanja odpadne vode s cest in avtocest

Najpreprostejši način odvodnjavanja odpadne vode je razpršeno (disperzno) odvodnjavanje: "Razpršeno odvodnjavanje padavinske vode je odvajanje padavinske vode z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin objektov s prelivanjem preko njihovih mejnih robov ali pri odvajanju padavinske odpadne vode preko posamičnih iztokov ali preko jarkov za zbiranje in odvajanje padavinske vode iz teh površin."³⁵ Kadar pa *AC* in ostale javne ceste višjih kategorij predstavljajo veliko obremenitev za okolje, odpadne vode točkovno odvajamo: "Točkovno odvajanje je odvajanje padavinske odpadne vode preko iztoka usedalnika, lovilca olj, zadrževalnika padavinske odpadne vode ali čistilne naprave padavinske odpadne vode."³⁶ Tako je po tej definiciji treba točkovno odvajati lastne odpadne vode z naslednjih javnih cest (v nadaljevanju *JC*):

- *JC*, ki prečka medzrnske in razpoklinske vodonosnike, če je $EOV/dan^* > 12.000$,
- *JC*, ki prečka kraške vodonosnike, če je $EOV/dan^* > 6.000$,
- *JC*, ki prečka območja kamnin s povprečno prepustnostjo za vodo manj kot 10^{-6} m/s, če je $EOV/dan^* > 40.000$,
- *JC*, s katere se padavinska odpadna voda odvaja neposredno v vodotok ali morje, če je $EOV/dan^* > 12.000$.

* EOV/dan = dnevno povprečje pretoka motornih vozil, ki se iz strukture prometa preračuna v enoti osebnih vozil na dan

³⁵ Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS 47/2005; 2. člen, točka 11.

³⁶ Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest. Uradni list RS 47/2005; 2. člen, točka 4.

Načini, kako odpadno padavinsko vodo "pripeljati" do točkovnega iztoka, pa so različni. Natančneje jih opredeljujejo nemške smernice za odvodnjavanje voda s cest (*Richtlinie fuer die Anlage von Strassen RAS, Teil: Entwaesserung*, krajše in v nadaljevanju *RAS-Ew*). Po njihovih priporočilih je hidrotehnično, izvedbeno in ekonomsko najprimernejše graditi mulde. Kadar pa topografski, prostorski, hidrološki, ali kakšni drugi pogoji tega ne dopuščajo, pa se gradijo jarki, koritnice, kanalete, požiralniki, kanalizacijski sistemi, ali kakšen drug sistem ali kombinacija sistemov. V nadaljevanju so povzeta priporočila nemške literature *RAS-Ew*.

A. MULDE (Strassenmulden)

- zbirajo vodo z utrjenih in neutrjenih površin;
- lahko so vodoneprepustne ali pa ponikovalne;
- priporočena širina $b = 1,0 - 2,5$ m ter globina $0,2 \text{ m} < h < b/5$;
- vzdolžni padec običajno izvedemo vzporedno z naklonom cestišča in/ali terenom. Zaradi preprečevanja erozije, pa so glede na uporabljen material in izvedbo predpisane maksimalne vrednosti I_{\max} ;
- glede izvedbe ločimo:
 - i. **zatravljene mulde (Rasenmulde)** – $1 \% < I < 4 \%$;
 - ii. **zatravljene mulde z utrjenim, gladkim dnom (Mulde mit glatter Sohlbefestigung)** - dno je lahko iz naravnega kamna, betona ali prefabriciranih betonskih elementov; $4 \% < I < 10 \%$;
 - iii. **zatravljene mulde z utrjenim, hrapavim dnom (Mulde mit rauher Sohlbefestigung)** - dno utrjeno s prodrom, konglomeratom ali drugim naravnim materialom, lahko tudi granitne ali kakšne druge kocke; $4 \% < I < 10 \%$;
 - iv. **kamnite mulde (Rauhbettmulde)** - za izvedbo služi kamenje velikosti $d = 18 - 36$ cm. Med seboj je lahko povezano z žico ali v košaro, po potrebi pa še dodatno sidrano z lesenimi ali jeklenimi količki. Dno služi kot disipator energije; $I > 10 \%$.

B. OBCESTNI JARKI (*Entwaesserungsgraeben*)

- imajo enako funkcijo kot mulde, vendar zaradi svojih dimenzij večjo pretočno sposobnost;
- lahko so vodoneprepustni ali prepustni;
- priporočena širina dna $b = 0,5$ m, globina $h < 0,5$ m (razen če hidravlični pogoji ne narekujejo drugače);
- naklon brežin v razmerju $m = 1:1,5$ (pri bolj kompaktnih zemljinah lahko tudi bolj strmo). Brežine naj bodo zatravljene;
- največji priporočeni vzdolžni nagib $I_{\max} = 0,3$ % (po potrebi se lahko pretočnost prereza poveča z vgradnjo prefabriciranih elementov, zabetoniranjem dna ali oblogo - vgradnjo kakšnega naravnega kamna).

C. KORITNICE (*Strassenrinnen*)

- po poziciji so lahko robne ali na sredini cestišča;
- razlikujemo med odprtimi (uporabno na vseh cestah) ter zaprtimi (narejene iz prefabriciranih elementov. Slednje se uporabljajo predvsem za dilatacije na mostovih in viaduktih, odvodnjavanje pločnikov in kolesarskih stez, parkirnih površin,...);
- naklon koritnice je odvisen od njene izvedbe. Lahko je enak padcu nivelete cestišča, vendar ne manjši od $I_{\min} = 0,5$ %;
- "obvezna oprema" pri izgradnji koritnic so robniki (granitni, betonski), katerih dimenzije, vgrajevanje ter kvaliteta je zapisana v drugih smernicah in standardih;
- *RAS-Ew* odprte koritnice glede na izvedbo deli na:
 - i. **navadne koritnice (*Bordrinne*)** - so del povozne površine cestišča in imajo zato enak prečni in vzdolžni naklon kot cestišče (vzdolžni ne manjši od 0,5 %). Glede na lokalne pogoje so širine $0,15 \text{ m} < b < 0,5 \text{ m}$;
 - ii. **strehaste koritnice (*Pendelrinne*)** - kadar je padeč nivelete cestišča (s) $s < 0,5$ %, se zaradi pogojev odvodnjavanja zgradi vsaj minimalni padeč koritnice $I = 0,5$ %. Pri tem koritnica zaradi drugačnega

vzdolžnega naklona ni del povozne površine (priporočljiva je vizualna ločitev);

- iii. **strme koritnice (Spitzenrinne)** - te 0,3 m do 0,9 m široke koritnice gradimo neposredno ob povozni površini (brez robnega pasu), vendar niso del le te. Zato je priporočljiva vizualna ločitev (običajno so zgrajene iz granitnih kock ali kakšnega drugega naravnega materiala). Vzdolžni naklon naj bi bil enak cestiščnemu (ne manjši od 0,5 %), prečni pa zaradi boljšega odtekanja vode $10 \% < I < 15 \%$;
- iv. **muldne koritnice (Muldenrinne)** - gradijo se med voznimi pasovi. Uporabne so v mestih, ter še posebej na območjih umirjenega prometa.

D. CESTNI POŽIRALNIKI (Strassenablaeufe)

- vanje se steka v muldah ali koritnicah zbrana voda. Gradimo jih na "lokalnem minimumu", torej na najnižji lokalni točki, kamor se steka voda. Razdaljo med požiralniki določimo na podlagi količine dežja in velikosti odvodnjavane površine;
- sestavljeni so iz zgornjega - vtočnega dela (litoželezna ali kakšna druga rešetka ali vtočni robnik) ter spodnjega - zbiralnega dela (jašek);
- za izgradnjo se uporabljajo prefabricirani elementi (betonski jaški, LTŽ rešetke, betonski vtočni robniki, PVC cevi,...);
- razlikujemo med "suhimi" in "mokrimi" požiralniki. Prvi imajo vgrajeno peskolovno košaro, drugi pa so globlji in imajo pod iztokom dodatna prostornina za nabiranje blata in mulja;
- glede na način vtoka *RAS-Ew* loči:
 - i. **kombiniran vtok (Kombiaufsatz)** - vtok vode od strani in od zgoraj;
 - ii. **vtočni robnik (Seitenablauf)** - vtok vode od strani. Pogosto uporabljeni v urbanih območjih;
 - iii. **litoželezne rešetke (Ablaufroste)** - vtok vode od zgoraj. Najbolj pogosto uporabljen način na cestah izven urbanih območij in pa tudi v naseljih, mestih,.... Ima večjo požiralno sposobnost kot vtočni robnik;

- iv. **obojestranski vtok (Rinnenaufsatz)** - vtok iz dveh strani. Uporabno, kadar se voda iz večpasovne ceste odvodnjava na vmesni pas.

Predpisane vrednosti so pri nas drugačne kot v Nemčiji. V naslednji preglednici so podani najbolj karakteristični parametri.

Preglednica 9: Primerjava parametrov za dimenzioniranje muld, koritnic in jarkov v Sloveniji in Nemčiji

Parameter		Slovenija ³⁷	Nemčija ³⁸
MULDE			
širina	b [m]	0,5 ali 0,75	1,0-2,5
višina	h [m]	<b/10	0,2-b/5
naklon nivelete dna	l [%]	/	<1; 1-10; >10 ⁺
KORITNICE			
širina	b [m]	0,5 ali 0,75	0,15-0,5; 0,5-0,9 (1,0) ⁺⁺
prečni naklon dna	l [%]	7-15	enako kot cesta, do 15
minimalni vzdolžni naklon dna	l [%]	/	0,5
JARKI			
naklon brežine	m [/]	1:1,5 / 1:2*	1:1,5
širina	b [m]	>0,4	>0,5
minimalni vzdolžni naklon	l _{min} [%]	0,5 (0,3) / 0,5*	0,3
minimalna višina	h _{min} [m]	0,2	<0,5

* Prva vrednost velja za cestni jarek, druga pa za segmentni cestni jarek

⁺ Različne vrednosti za različne utrditve dna mulde (natančnejši opis zgoraj)

⁺⁺ Odvisno od vrste koritnice (navadna; strehasta; strma)

3.4 Čistilno- ter hidravlično funkcionalna razdelitev čistilnih objektov in naprav

V 2. členu, točki 6.6 Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo je čistilna naprava *POV* pojmovana takole: "Čistilna naprava padavinske odpadne vode je naprava za fizikalno, kemijsko ali fizikalno-kemijsko obdelavo padavinske odpadne vode zaradi zmanjševanja njene onesnaženosti." Način, kako zmanjšati onesnaženje,

³⁷ Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 26042-7/2004: 38. in 40. člen

³⁸ Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen. 1987. Richtlinien fuer die Anlage von Strassen RAS. Teil: Entwässerung - RAS-Ew.

pa ponujajo objekti in naprave za zmanjševanje onesnaženosti *POV*. V nemških smernicah ATV-A 166 so objekti sistematično razdeljeni po funkciji, vrsti ter poziciji glede na kanalski sistem.

3.4.1 Razdelitev objektov ter naprav po slovenskih *Navodilih*

➤ OSNOVNO ČIŠČENJE

- a. **usedalnik-lovilec olj**: čistilni objekt za mehansko čiščenje odtoka - sedimentacija suspendiranih snovi ter lovljenje olj. Objekt služi tudi za lovljenje katastrofalnih onesnaženj ob havarijah. "Lovilec olj je naprava za obdelavo odpadne vode z izločanjem lahkih tekočin, katere velikost, vgradnja, obratovanje in vzdrževanje je v skladu s standardom SIST EN 858-2..."³⁹;
- b. **zadrževalnik**: objekt, ki zadrži padavinski odtok. Gradi se tam, kjer ni možno razbremenjevanje odtoka ali pa to narekujejo pogoji varstva okolja. "Zadrževalnik *POV* je objekt ali več objektov za izravnavanje sunkovitih in povečanih iztokov *POV* posredno ali neposredno v vode, v čistilno napravo *POV* ali v javno kanalizacijo."⁴⁰;

➤ DODATNO ČIŠČENJE

- c. **grobi filter**: objekt, v katerem *POV* pred izpustom v recipient še dodatno očistimo suspendiranih snovi. Posebej je priporočljiv tam, kjer so recipient tla in infiltracijo izvedemo s počasnimi biološkimi filtri ali pa so recipient občutljivejši vodotoki ali stoječe vode;
- d. **infiltracijsko polje (počasni biološki filter)**: s pomočjo adsorpcijskih, filtracijskih, oksidacijskih in dezinfikacijskih sposobnosti *POV* v tem objektu dokončno očistimo in infiltriramo v tla;

➤ ALTERNATIVNE REŠITVE

³⁹ Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS 47/2005; 2. člen, točka 6.5

⁴⁰ Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS 47/2005; 2. člen, točka 23

- e. zadrževalnik s funkcijo lovilca olj in usedalnika z infiltracijskim poljem v ravninskem svetu;
- f. zadrževalnik s precejalnikom (filtrskim dnom): objekt, ki v sebi združuje funkcije zadrževalnika, grobega filtra ter počasnega biološkega filtra;
- g. rastlinska čistilna naprava (RČN): zadrževalni objekt, ki biološko in kemično očisti *POV*.⁴¹

3.4.2 Razdelitev objektov in naprav po ATV-A 166

Osnovni dokument, ki sistematično razčleni objekte ter njihove dele je ATV-A 166. Obravnava samo objekte za zadrževanje in čiščenje *POV*, v sklopu katerih so tudi prelivni in razdelilni objekti ter objekti za kontroliran odtok očiščene vode v recipient. Dokument pa ne vključuje objektov za ponikanje očiščene vode ali alternativnih rešitev ravnanja s *POV*.

Preglednica 10: Razdelitev objektov po njihovi funkciji in vrsti glede na ATV-A 166

Čistilni objekti		Filtri		Zadrževalni objekti			
Regenklaerbecken-RKB		Filteranlagen-FA		Regenrueckhaltanlagen-RRR			
čistilni objekti brez stalnega zajezitvenega volumna (RKB ohne Dauerstau)	čistilni objekti s stalnim zajezitvenim volumnom (RKB mit Dauerstau)	mehanski filtri (Mechanische Filter)	talni biološki filtri (Bodenfilter)	zadrževalni bazeni (Regenrueckhaltbecken)	zadrževalni kanali (Regenrueckhaltkanäle)	zadrževalni jarki (Regenrueckhaltgräben)	zadrževalni bazeni s kontroliranim odtokom (Regenrueckstaubecken)
RKBoD*	RKBmD*	MF*	BF*	RRB*	RRK*	RRG*	RRSB*

* Originalne okrajšave za posamezen objekt, povzete po ATV-A 166

Objekti za čiščenje in zadrževanje *POV* se delijo glede na:

⁴¹ ni del *Navodil*, ampak je povzeto po drugi literaturi (Bulc, 1998; Bulc, Vrhovšek, Kompare, 2002)

1. funkcijo (zadrževanje, čiščenje, prelivanje, filtracija);
2. vrsto (način delovanje objekta - npr. mehanski filter, talni filter ali način zadrževanja: npr. v jarku, bazenu ali kanalu);
3. pozicijo glede na glavni kanalski vod - natok:
 - direktni (direktni natok v objekt ter razbremenjevanje in iztok direktno iz njega);
 - stranski (na razdelilnem objektu razbremenjevanje dotoka, vodenje ostalega dotoka na objekt).

A. ČISTILNI OBJEKTI DEŽEVNICE (Regenklaerbecken)

Razdelitev objektov ter pripadajočih komponent je podan v naslednji preglednici.

Preglednica 11: Komponente čistilnih objektov deževnice po ATV-A 166

Funkcija	Čistilni objekt deževnice Regenklaerbecken-RKB	
Vrsta	Čistilni objekti brez stalnega zajezenega volumna	Čistilni objekti s stalnim zajezenim volumnom
	RKBoD	RKBmD
	Lovilni objekt	Pretočni objekti
	Fangbecken-FB	Durchlaufbecken-DB
Pozicija	Direktni natok Hauptschluss-HS	
	Prelivno polje Beckenueberlauf-BUE	
Deli objekta		Dotočni in porazdelitveni objekt Einlauf- und Verteilungsbauwerk-Ebw/VBw
	Zbiralni volumen	Sedimentacijski volumen
	Speicherammer-SpKa	Sedimentationskammer-SeKa
		Prelivno polje očiščene vode Klaerueberlauf-KUE
	Odtočni kanal Entlastungskanal-EK	
	Iztočni objekt/zgradba Auslaufbauwerk-Abw	

Ti objekti, grajeni v betonski ali ekvivalentni neprepustni izvedbi, iz *POV* odstranjujejo sedimente, suspendirane ter plavajoče snovi. Torej služijo mehanskemu čiščenju *POV*. Ker v njih ne poteka biološko čiščenje, ne povzročajo smradu in so zato lahko odprti. Običajno so pravokotne ali okrogle oblike. Vtok in iztok iz objekta morata biti skonstruirana tako, da je

omogočen enakomeren hitrostni profil vode skozi objekt. Zaradi katastrofalnih razlitiij nevarnih snovi, je treba odvodni kanal opremiti z zapornim sistemov. Ločimo jih na:

- a. čistilne objekte brez stalne ojezenitve;
- b. čistilne objekte s stalno ojezenitvijo - višina vode, ki stalno zapolnjuje volumen, mora biti zaradi zarasti alg vedno višja od 2 m. Zaradi možnosti nastanka anaerobnih reakcij, je treba redno čiščenje. Upoštevati je treba nevarnost zmrzali.

B. FILTRNI BAZENI (Filteranlagen)

Razdelitev objektov ter pripadajočih komponent je podana v naslednji preglednici.

Preglednica 12: Komponente filtrnih bazenov po ATV-A 166

Funkcija	Filtrni bazeni Filterbecken-FiB			
Vrsta	Mehanski filter Mechanische Filter-MF		Talni biološki filter Bodenfilter-BF	
Izvedba	Mehanski filter s predhodno retenzijo	Mehanski-retenzijski filter	Talni biološki filter s predhodno retenzijo	Talni-retenzijski biološki filter
	Mechanische Filter mit vorgeschalteter Retention-MFvR	Mechanische Retentionsfilter-MRF	Bodenfilter mit vorgeschalteter Retention-BFvR	Retentionsbodenfilter-RBF
Deli objekta	Dotočni in porazdelitveni objekt Einlauf- und Verteilungsbauwerk-Ebw/VBw			
	/	Zbiralni volumen Speicherammer-SpKa	/	Zbiralni volumen Speicherammer-SpKa
	/	Prelivno polje	/	Prelivno polje
	/	Filterbeckenueberlauf-FUE	/	Filterbeckenueberlauf-FUE
	/	Odtočni kanal/jarek	/	Odtočni kanal/jarek
	/	Entlastungskanal/graben-EK/EG	/	Entalstungskanal/graben-EK/EG
	Odtočni kanal Entlastungskanal-EK			
	Iztočni objekt/zgradba Auslaufbauwerk-Abw			

Te objekte ločimo na:

- a. grobe mehanske filtre (mechanische Filter);

b. talne biološke filtre (Bodenfilter).

Prvi vodo le mehansko očistijo, drugi pa poleg mehanskega čiščenja tudi biološko razgradijo in adsorbirajo nevarne snovi v talnem substratu. Priporočljivo je predčiščenje za odstranitev večjih sedimentov ter plavajočih snovi. Bazeni zaradi počasne filtracije potrebujejo veliko površino. Zato so grajeni v odprti zemeljski izvedbi. Za odvod očiščene vode se uporabljajo drenaže, položene na dno filtra. Filtri so grajeni iz agregatov različnih velikosti ali zemljin. Lahko so tudi ozelenjeni.

C. ZADRŽEVALNI OBJEKTI (Regenrueckhaltenlagen)

Razdelitev objektov ter pripadajočih komponent je podana v naslednji preglednici.

Preglednica 13: Komponente zadrževalnih objektov po ATV-A 166

Funkcija	Zadrževalni objekti deževnice Regenrueckhaltenlagen-RRA					
	Zadrževalni bazeni		Zadrževalni kanali		Zadrževalni jarki	Zadrževalni bazeni s kontroliranim odtokom
Vrsta	Regenrueckhaltbecken-RRB		Regenrueckhaltkanale-RRK		Regenrueckhaltgraeben-RRG	Regenrueckstau-becken-RRSB
Pozicija	Direktni natok Hauptschluss-HS	Stranski natok Nebenschluss-NS	Direktni natok Hauptschluss-HS	Stranski natok Nebenschluss-NS	Direktni natok Hauptschluss-HS	Stranski natok Nebenschluss-NS
Deli objekta	/	Razdelilni objekt Trennbauwerk-TB	/	Razdelilni objekt Trennbauwerk-TB	/	Razdelilni objekt Trennbauwerk-TB
	Varnostni visokovodni preliv Notueberlauf-NUE					
	Zbiralni volumen Speicherkammer-SpKa					
	Dušilka odtoka Drosselbauwerk-DBw					
	Iztočni objekt/zgrdba Auslaufbauwerk-Abw					

Služijo zadrževanju padavinskega odtoka. Običajno so zaradi velikosti v zemeljski izvedbi. Če objekt ne leži na zaščitenem vodovarstvenem območju, ni potrebna vodotesna izvedba. Zaradi krajinskega izgleda ter dodatne čistilne sposobnosti je priporočljivo, da ima objekt določeno stalno zajezbo (med 1,5 in 2 m). Običajno opravlja tudi vlogo usedalnika. Objekt je treba opremiti z visokovodnim prelivom.

D. OSTALI REGULACIJSKI, RAZDELILNI IN IZTOČNI OBJEKTI

- Dotočni kanali s podslapjem (Zulaufkanaele mit Schachtbauwerken - ZK): objekt, ki skrbi, da se pred vtokom v ostale objekte dobršen del energije disipira;
- razdelilni objekti (Trennenbauwerk - TB): voda, ki priteče po kanalaski cevi ali jarku, se v razdelilnem objektu odvaja naprej preko dušilke. Kadar je dotok vode večji, kot je sposobnost odvajanja dušilke, razdelilni objekt razliko vodi v čistilni ali zadrževalni objekt;
- razbremenilne naprave (Entlastungsanlagen): prelivna polja, ki skrbijo za odvod viškov ali odvod očiščene vode direktno v recipient. Ti so: razbremenilni preliv (Beckenueberlaeufe - BUE), odtočni preliv (Klaerueberlaeufe - KUE), razbremenilni preliv pri filtrih (Filterbeckenueberlaeufe - FUE), varnostni visokovodni preliv (Notueberlaeufe - NUE);
- objekti za dušeni odtok vode (Drosselbauwerke - DBw): objekti ali naprave, s katerimi kontrolirano odvajamo vodo v recipient ali nadaljno obdelavo;
- iztočni kanali (Entlastungskanaele - EK), iztočni jarki (Entlastungsgraeben - EG), ostali iztočni objekti (Auslaufbauwerke - ABw): objekti, ki po najkrajši poti vodijo očiščeno vodo v recipient.

4 HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE ODVODNJAVANJA IN ČIŠČENJA PADAVINSKE ODPADNE VODE

4.1 Izračun odtoka⁴²

Osnovni vhodni podatek za dimenzioniranje objektov za odvodnjavanje, zadrževanje in čiščenje je odtok (Q [l/s]), čas trajanja odtoka (T [min]), ter prispevna površina (A [ha]). Naslednja enačba predstavlja njegov izračun:

$$Q = q \times \sum A_i \times \psi_i \quad (1)$$

q ...	karakteristični naliv (nemška oznaka je r)	[l/(s*ha)]
A_i ...	velikost odvodnjavane površine	[ha]
ψ_i ...	koeficient odtoka	[/]

V nadaljevanju so posamezni parametri natančneje opisani.

A. KARAKTERISTIČNI NALIV (q)

Karakteristični naliv je na podlagi ombografskih meritev statistično določena količina padavin na enoto časa in površine. Nalivu pripišemo statistično verjetnost pojava (n [/]), ki je recipročna vrednost pogostosti (p , v nemških smernicah t [leto]), ter čas trajanja naliva (T , nemška oznaka D [min]). Slednji naj bi bil enak času koncentracije odtoka iz območja. Splošno privzeta osnovna vrednost je $T = 15$ minut.

$$q = q(T, n) = q_{T(n)} \quad (2)$$

⁴² Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen. 1987. Richtlinie fuer die Anlage von Strassen RAS, Teil: Entwässerung.

$$n = \frac{1}{p} \quad (3)$$

V Nemčiji imajo dobro razvejano mrežo ombografskih postaj. Podatki 30-letnih merjenj so bili zbrani v atlasu KOSTRA (Koordinierte Starkniederschlags Regionalisiengs-Auswertungen), ki ga je leta 1997 izdala nemška meteorološka služba (Deutscher Wetterdienst - DWD). Celotna površina je razdeljena v mrežo območij velikosti 8,3 x 8,3 km. Dobimo lahko podatke naliva poljubne dolžine med 5 minutami in 72 urami ter pogostostjo med 0,5 leta in 100 leti. Za preračunavanje nalivov različnih dolžin ter pogostosti pa še vedno uporabljajo smernice ATV-A 121 in Reinholdovo formulo. Z njeno pomočjo lahko ob poznavanju naliva dolžine $T = 15$ minut ter pogostosti $n = 1$ ovrednotimo naliv poljubnega trajanja in pogostosti (T v minutah, n brez enote).

$$q = q_{15(n=1)} \times \rho_{T(n)} = q_{15(n=1)} \times \frac{38}{T+9} \left(\frac{1}{\sqrt[4]{n}} - 0,369 \right) \quad (4)$$

$$\text{primer: } \rho_{5(0,1)} = \frac{38}{5+9} \left(\frac{1}{\sqrt[4]{0,1}} - 0,369 \right) = 3,825$$

Ta enačba je v uporabi tudi pri nas in na Poljskem, vendar vsaj za naše razmere daje slabe rezultate. "Pri načrtovanju AC lahko ta obrazec povzroči v analiziranem primeru povratne dobe 10 let napake preko 30%, kar je s stališča prometne varnosti nedopustno."⁴³ Zato Kompare priporoča uporabo drugačnega obrazca. Primer enačbe (Kompare 4) izvednotene za meteorološko postajo Ljubljana (obrazec ni splošno uporaben), je:

$$q = q_{15(n=1)} \times 7,95 \frac{T^{-0,365} + n^{-0,206} - 0,312}{T^{0,699} + n^{0,727} + 0,667} \quad (5)$$

⁴³ Kompare., B. 1996. Ugotovitev merodajnih padavin za dimenzioniranje padavinske odvodnje avtocest. Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. DRC. Novo mesto.

Pred to, pa je leta 1972 Sketelj predlagal formulo za izračun karakterističnega naliva, ali kakor je v literaturi podano - gospodarsko enakovrednega naliva (GEN). Obdelal je podatke za dežemernih 8 postaj po Sloveniji - najdaljša niza sta bila za Ljubljano, 43 let, ter Maribor, 18 let. Ppredlagal je dvoparametrsko enačbo:

$$q = \frac{C}{t^\alpha} \quad (6)$$

C, α ... koeficienta enačbe [/]

t... čas trajanja naliva [min]

V enačbi je treba spreminjati koeficienta, katera sta odvisna od povratne dobe naliva in veljavna le za določen interval časa trajanja padavin.

Na Poljskem pa poleg Reinholdove enačbe uporabljajo tudi Gorbaczowov obrazec, s katerim dokaj natančno ovrednotijo jakost naliva s pomočjo podatkov o letni količini padavin.

B. POVRATNA DOBA (p)

Povratna doba naliva (p [leto]), s katerim računamo, ni hidrološko predpisana vrednost, temveč je javni kompromis med stroški izgradnje in rizikom preplavitve cestišča ali objekta z lastnimi vodami ter posledicami, ki jih prinese. Naslednje vrednosti so priporočene v Nemčiji, kakor tudi na Poljskem. Kaj in kako se n določi, je podano na straneh 37 in 38.

- a) odvodnjavanje preko muld, jarkov ali kanalizacije (nasip) $n = 1$
- b) kanalizirano odvodnjavanje na sredini cestišča (nasip) $n = 0,3$
- c) odvodnjavanje najnižje točke nivelete - konkavne zaokrožitve $n = 0,2$
- d) odvodnjavanje cest v vkopu ali podvozov $n = 0,1-0,05$

Za Poljsko je za odvodnjavanje avtocest in hitrih cest predpisan izračun za naliv s pogostostjo 10 let. Jakost nalivov v odvisnosti od časa trajanja (T), ki se ob pomankanju realnih podatkov uporabljajo, so⁴⁴:

⁴⁴ Edel, R., Suligowski, Z. 2004. Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Gdansk. Politehnika Gdańska.

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. 5 minutni naliv- | $q = 450 \text{ l/(s*ha)}$ |
| 2. 10 minutni naliv- | $q = 285 \text{ l/(s*ha)}$ |
| 3. 15 minutni naliv- | $q = 220 \text{ l/(s*ha)}$ |

V Sloveniji pa je predpisano naslednje:

1. kadar je AC v vkopu ali vode iz kakšnega drugega razloga ne moremo odvodnjavati po nasipu, je treba dimenzionirati kanalizacijo na povratno dobo naliva 20 do 50 let (upošteva samo vzdolžno-kanalizirano, ne pa tudi prečno odvodnjavanje)⁴⁵;
2. v Pravilniku o projektiranju cest pa je zapisano, da se za daljinske ceste uredi odvodnjavanje za pogostost $p = 25$ let, in naliv $q_{15} = 350 \text{ l/(s*ha)}$.

C. PRISPEVNO OBMOČJE (A)

Velikost prispevnega območja (površine), se določi glede na možnosti izvedbe projekta. Odvisno od tega upoštevamo odtok z utrjenih in/ali neutrjenih površine.

D. KOEFICIENT ODTOKA (ψ)

Zaradi izgub, ki nastajajo na poti od izvora (padavine, ki dosežejo odvodnjavano površino) do reguliranega odvoda (ponikanje, izhlapevanje, zastajanje,...), se površina reducira s koeficientom odтока. Vrednosti so povzete po nemških literaturi *RAS-Ew*, vendar veljajo splošno:

- | | |
|---|-------------------|
| I. utrjeno vozišče | $\psi = 0,9$ |
| II. neutrjene horizontalne površine | $\psi = 0,05-0,1$ |
| III. brežine (nasip) | $\psi = 0,3$ |
| IV. brežine (vkop) | $\psi = 0,3-0,5$ |
| V. utrjene površine, ki se odvodnjavajo preko bankin in muld (vkop) | $\psi = 0,7$ |
| VI. utrjene površine, ki se odvodnjavajo preko brežin nasipov v | $\psi = 0,5$ |

⁴⁵ Rismal, M. 2004. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; 3. dopolnjena izdaja. DARS.

jarke ob peti nasipa

4.2 Hidravlično dimenzioniranje muld, koritnic, jarkov, kanalizacije⁴⁶

Načini, pogoji ter priporočila za prečno in vzdolžno odvodnjavanje (jarki, mulde, koritnice, požiralniki) so bili podani že v točki 3.3.2. Na tem mestu bodo predstavljene samo osnovne enačbe za določanje dimenzij. Na podlagi eksperimentov so različni avtorji (De Chezy, Manning, Strickler,...) izpeljali enačbe in vpeljali empirične koeficiente za preračun pretoka po prerezih različnih oblik. Enačbe so veljavne za stalni enakomerni tok s prosto gladino.

A. Jarki

$$Q = S \times \bar{u} = k_{st} \times S \times \sqrt{I_0} \times R^{2/3} = \frac{1}{n_g} \times S \times \sqrt{I_0} \times R^{2/3}$$

$$Q = \frac{1}{n_g} \times \sqrt{I_0} \times \frac{S^{5/3}}{O^{2/3}} \quad (7)$$

$n_g, k_{st}...$	empirični Manningov in Stricklerjev koeficient	[/]
$I_0...$	vzdolžni naklon	[/]
$S...$	prečni prerez vodnega toka	[m ²]
$O...$	omočeni obod	[m]

B. Koritnice

$$Q = k_{st} \times h^{8/3} \times \sqrt{I_0} \times \frac{0,315}{q} \quad (8)$$

$k_{st}...$	empirični Stricklerjev koeficient	[/]
$I_0...$	vzdolžni naklon	[/]
$h...$	globina vode tik ob robniku	[m]

⁴⁶ povzeto po: Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana. FGG in Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen. 1987. Richtlinie fuer die Anlage von Strassen RAS, Teil: Entwässerung.

q... prečni naklon koritnice proti robniku [°]

C. Mulde

$$Q = k_{st} \times h^{\frac{8}{3}} \times \sqrt{I_0} \times \frac{b}{2h} \quad (9)$$

k_{st}... empirični Stricklerjev koeficient [°]

I₀... vzdolžni naklon [°]

h... globina vode v srednini mulde [m]

b... širina mulde [m]

D. Kanalizacijske cevi

Kanalizacijske cevi se lahko prav tako dimenzionirajo po Manning-Stricklerjevi enačbi:

$$Q = k_{st} \times \sqrt{I_0} \times D^{\frac{8}{3}} \times a \quad (10)$$

k_{st}... empirični Stricklerjev koeficient [°]

I₀... vzdolžni naklon [°]

D... premer cevi [m]

a... koeficient polnitve, odvisen od razmerja h₀/D; [°]
grafično ali tabelarično določen

ali pa po Prandtl-Colebrookovi enačbi:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \left[-2 \log \left(\frac{2,51\nu}{D\sqrt{2g \times I_0 \times D}} + \frac{k_b}{3,71D} \right) \right] \times \sqrt{2g \times I_0 \times D} \quad (11)$$

ν... kinematična viskoznost tekočine [m²/s]

k_b... nominalna hrapavost cevi [mm]

E. Požiralniki

Potrebne karakteristike (dimenzije, požiralna sposobnost) so predpisane v standardih (npr. DIN ali SIST). V RAS-Ew, so zapisane le okvirne ocene pripadajočih površin na požiralnik: v

urbanih območjih 400 m², na cestah izven naselij pa 500 m². Vendar so lahko te vrednosti zelo pod- ali precenjene. Zato je treba glede na tip požiralnika, njegovo požiralno sposobnost, potek nivelete ceste ter karakteristični naliv določiti prispevno območje ter razdaljo med požiralniki.

4.3 Hidravlično dimenzioniranje objektov za ravnanje s POV

Vrste naprav in objektov za ravnanje s *POV* so bile opisane že v točki 3.4. Na tem mestu bodo podane smernice, navodila, priporočila, pogoji veljavnosti in enačbe za hidravlično dimenzioniranje objektov čiščenja *POV* v Sloveniji in Nemčiji.

Pred nadaljevanjem, pa je treba opozoriti na nekaj stvari:

- I. *Navodila* so bila izdelana posebej za potrebe avtocestnega programa v Sloveniji;
- II. nemške smernice ATV, DWA in DVWK so splošno uporabne tako v ruralnih kot urbanih področjih, za dvorišča in ceste nižjih redov, kot tudi avtoceste;
- III. vse oznake in indeksi po nemški literaturi so direktno, brez prevajanja, povzeti. Le namesto ä, ö, ü, je napisano ae, oe in ue (velja za celotno diplomsko nalogo, razen slik 18, 20, 21, 22 in 23 ter preglednice, kjer so prevodi pojmov na slikah).

4.3.1 Slovenska navodila in smernice

Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije - odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin imajo naslednje naloge, območje uporabnosti ter predpostavke:

- pomagajo projektantom izbrati potreben način zaščite okolja in podajajo hidrotehnične kriterije za dimenzioniranje odvodnje meteornih voda s cestišča in cestnih površin;
- obravnavajo odvodnjo meteornih voda stacionarnih objektov v avtocestnem prostoru (moteli, počivališča, bencinske črpalke, cestninske postaje). Ravnanje s fekalnimi vodami obravnavajo drugi predpisi;
- obravnavajo ukrepe in zaščito v primeru razlitja nevarnih in škodljivih tekočin na območju AC;

- obravnavajo le vzdolžno odvodnjavanje. Prečno le v primeru, kadar je sposobnost prečnega odvodnjavanja odvisna od vzdolžnega (kanalizirano odvodnjavanje);
- obravnavajo samo odvodnjavanje voda s cestišča. Odvodnjavanje brežin le v primeru, kadar se voda s cestišča preko brežin zbira v jarkih in se vodi do čistilnega objekta;
- vse objekte odvodnje (kanale, kanalske kinete, odvodne jarke, mulde, usedalne bazene,...) je treba pri prepustnih krovnih zemljinah in skladno z ostalimi predpisi v projektnem elaboratu zgraditi v betonski ali enakovredni izvedbi iz neprepustnih materialov. Zadrževalno - ponikovalne bazene se praviloma gradi v zemeljski obliki;
- koeficient odtoka za utrjene površine je $\psi = 0,9$. Za ostale neutjene površine pa se določi v odvisnosti od naklona in obdelave teh površin.

4.3.1.1 Usedalnik - lovilec olj

Osnovne predpostavke, ki jih je pri dimenzioniranju treba upoštevati:

- objekt se dimenzionira na kritični naliv $q_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ ter površinsko obremenitev $v = 10 \text{ m/h}$. Kadar so recipient naravna jezera ali vodne akumulacije za pitno ali ribogojno vodo, predpostavimo $q_{krit} = 30 \text{ l/(s*ha)}$ in manjši v . V posebnih primerih lahko pristojni organ predpiše tudi drugačne vrednosti;
- minimalna globina objekta je $H_{min} = 3,00 \text{ m}$;
- minimalna prostornina zaradi havarij mora biti $V = 20,00 \text{ m}^3$ (v posebnih pogojih tudi $30 - 40 \text{ m}^3$);
- za usedline je treba zagotoviti $V_{used} = 5,00 \text{ m}^3$;
- zadrževalni čas vode v objektu ne sme biti krajši od $T_{zad} = 0,25 \text{ h} = 15 \text{ min}$;
- čas praznjenja objekta ne sme biti krajši od $T_{praz} = 4 \text{ h}$;
- hidravlične izgube pri prelivanju pod in preko potopnih sten zanemarimo (reda velikosti 3 mm).

Konstruktivske zahteve so naslednje:

- tlorisna oblika objekta v razmerju $X \text{ (dolžina)}/Y \text{ (širina)} = 3$;

- izgradnja potopnih sten na vtoku in iztoku iz usedalnika - lovilca olj (koristna prostornina objekta se šteje med obema potopnima stenama), da se omogoči enakomeren pretok skozi objekt. Hitrost vode naj ne bi bila večja od $v_{\text{horizontalno}} = 0,25$ m/s (pogoj za dobro usedanje sedimentov ter plavljenje lahkih tekočin);
- izgradnja podslapja pred vtokom v usedalnik - lovilec olj za uničenje odvečne energije ter aeracijo (lažje izločanje lahkih tekočin);
- inštalacija prelivnega robu pred vtokom v usedalnik - lovilec olj, ki razbremeni odtok večji od $Q_{\text{krit,max}}$. Pred prelivom se izvede ponorna stena za preprečitev odtoka plavajočih snovi;
- inštalacija sifona na iztoku iz usedalnega dela (preprečitev iztoka plavajočih snovi). Inštalacija odprtin: d_1 ter dušilke d_2 . Odprtini morata omogočati konstanten pretok vode s hitrostjo ne večjo od 0,25 m/s. Odprtine ne smejo biti manjše od 10 cm;
- višina odprtine d_1 (prve ali druge) mora biti nad višino, ki je rezervirana za katastrofalna razlitja. Tako je preprečen iztok nevarnih snovi;
- višina dušilke d_2 mora biti zadostna za možnost odvoda v recipient tudi pri maksimalnem vodostaju recipienta. Pod dušilko se lahko inštalira še ena odprtina za hitrejšo izpraznitev objekta. Če višina recipienta ne omogoča gravitacijsko izpraznitev, je treba predvideti prenosno ali stacionarno črpalko. Višina dušilke mora biti prav tako usklajena z odvodnim jarkom iz prelivnega polja.

Preglednica 14: V Navodilih uporabljene oznake za dimenzioniranje usedalnikov-lovilcev olj

Oznaka		Opis	Enota
RAČUNANJE MERODAJNEGA PRETOKA			
A	...	prispevna površina	ha
F	...	faktor maksimalne dopustne površinske obremenitve usedalnika	/
q	...	merodajni naliv za dimenzioniranje odvodnje	l/s*ha
q_{krit}	...	kritični naliv za dimenzioniranje usedalnika - lovilca olj	l/s*ha
Q_D	...	celotni dotok	m ³ /s
ΔQ_R	...	razbremenjeni odtok preko preliva	m ³ /s
Q_{krit}	...	načrtovani pretok za usedalnik - lovilec olj	m ³ /s
$Q_{\text{krit,max}}$	...	maksimalni načrtovani pretok za usedalnik - lovilec olj	m ³ /s
ψ	...	koeficient odtoka	/
USEDALNIK - LOVILEC OLJ			
a	...	širina iztočnega dela med sifonom in odprtino d_1	m
Δa	...	razlika med višino roba potopne stene v podslapju in zobom vtoka v usedalnik - lovilec olj	m
c	...	širina odprtine med potopno steno podslapja ter usedalnikom	m

Se nadaljuje...

...nadaljevanje

d	...	širina sifona na iztoku iz usedalnika	m
Δe	...	razlika višin dna podslapja ter spodnjega dela usedalnika	m
F_{xy}	...	faktor razmerja med dolžino in širino usedalnika - lovilca olj	/
h_3	...	višina dela, potrebnega za zadrževanje katastrofalnega razlivanja	m
$H_{0,1}$	...	potreben nadtak nad dušilko d_2	m
$H_{0,max}$	...	maksimalni nadtak nad dušilko d_2	m
H_{potr}	...	potrebna višina objekta	m
H_{zadr}	...	potrebna višina zadrževanja	m
T_{zadr}	...	zadrževalni čas <i>POV</i> v usedalniku - lovilcu olj	min
v_u	...	površinska obremenitev usedalnika - lovilca olj	m/s
V_{potr}	...	potrebna prostornina objekta	m ³
$V_{zadrž}$	...	potrebna prostornina zadrževanja	m ³
X	...	dolžina usedalnika - lovilca olj	m
Y	...	širina usedalnika - lovilca olj	m
μ	...	koeficient hidravličnih izgub pri odprtinah	/
τ_d	...	naklon dna usedalnika - lovilca olj	/
PRELIV			
B_{prel}	...	dolžina prelivnega robu	m
$\Delta h_{pr dop}$	...	dopustna prelivna višina vode na razbremenilniku	m
$H_{0,1}$	...	potreben nadtak nad dušilko d_2	m
$H_{0,max}$	...	maksimalni nadtak nad dušilko d_2	m
m	...	koeficient preliva	/
IZTOKI, ODPRTINE			
b	...	širina prekata med sifonom ter steno z odprtino d_1	m
T_{praz}	...	čas praznjenja usedalnika - lovilca olj	h
ΔZ	...	hidravlična izguba na iztoku skozi odprtino d_1	m
Z	...	razlika med nadtakom nad dušilko ter hidravličnimi izgubami	m
α	...	koeficient izgub	/

Za izračun potrebne prostornine usedalnika - lovilca olj, prelivnega polja ter odprtin, je treba najprej izračunati merodajne pretoke (F je predpostavljen 1,2).

$$Q_{krit} = q_{krit} \times \sum A_i \times \psi_i = 15 \times \sum A_i \times \psi_i \quad (12)$$

$$Q_{krit,max} = F \times Q_{krit} = 1,2 \times Q_{krit} \quad (13)$$

$$Q_D = q \times \sum A_i \times \psi_i \quad (14)$$

$$\Delta Q_R = Q_D - Q_{krit,max} \quad (15)$$

Potrebna prostornina prostora za zadrževanje kritičnega odtoka se izračuna po spodnjih enačbah. Pri tem sta še dodatni predpostavki: $c = 2,0$ m in $d = 1,0$ m. Za Δe priporočena vrednost ali razpon priporočenih vrednosti ni podan.

$$V_{potr} = H_{potr} \times X \times Y \quad (16)$$

$$V_{zadrž} = H_{zadrž} \times X \times Y \quad (17)$$

$$H_{zadrž} = \frac{Q_{krit,max} \times T_{zadrž} \times 3600}{X \times Y} = T_{zadrž} \times v_u = 0,25 \times 10 = 2,5m \quad (18)$$

$$H_{potr} = H_{zadrž} + \Delta a + \Delta e + h_3 \quad (19)$$

$$X = \sqrt{\frac{F_{XY} \times Q_{krit,max} \times 3600}{v_u}} \quad (20)$$

$$Y = \sqrt{\frac{Q_{krit,max} \times 3600}{F_{XY} \times v_u}} \quad (21)$$

$$h_3 = \frac{V_{olja}}{Y \times (c + d + X)} = \frac{20m^3}{Y \times (c + d + X)} \quad (22)$$

$$\Delta a = \tau_d \times X \quad (23)$$

Za določitev dimenzij prelivnega polja nam služijo naslednje enačbe (g je gravitacijski pospešek: $g = 9,81$ m/s²). Pri tem koeficient m ni predpisan, in ga je treba poiskati v kakšni drugi literaturi. Po prvi enačbi je na podlagi efektivnega delovanja usedalnika določena maksimalna priporočljiva višina prelivanja.

$$\Delta h_{pr,dop} = H_{0,max} - H_{0,1} = \left(1 - \frac{1}{F}\right) \times v_u \times T_{zadrž} = \left(1 - \frac{1}{1,2}\right) \times 10 \times 0,25 = 0,417m \quad (24)$$

$$B_{prel} = \frac{Q_D - Q_{krit,max}}{m \sqrt{2g} \times \Delta h_{pr,dop}^{3/2}} \quad (25)$$

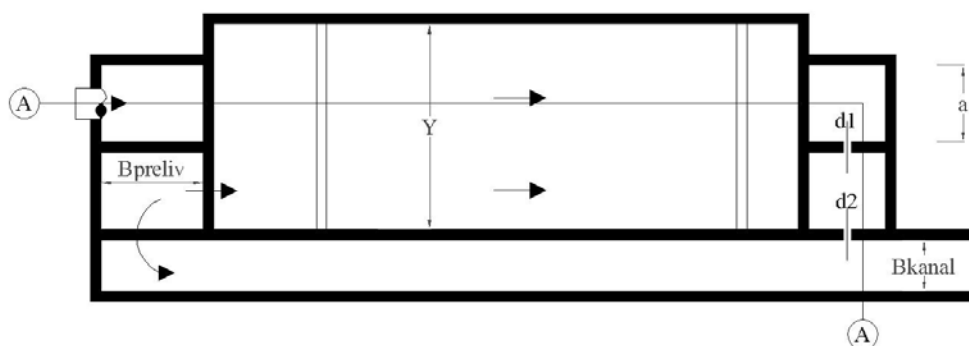
Dušilka pa se na podlagi že izračunane dopustne višine preliva, izračuna po naslednjem postopku (μ je predpostavljen 0,6).

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times Q_{krit,max}}{\mu \times \pi} \times \left(\frac{F^2 - 1}{2g \times \Delta h_{pr,dop}} \right)^{1/2}} \quad (26)$$

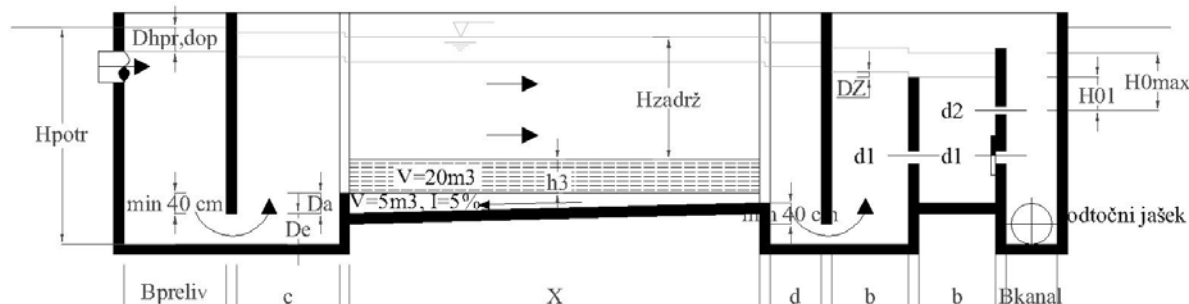
$$H_{0,1} = \frac{1}{2g} \times \left(\frac{4 \times Q_{krit}}{\mu \times \pi \times d_2^2} \right)^2 = \frac{\Delta h_{pr,dop}}{F^2 - 1} = \frac{0,417}{1,2^2 - 1} = 0,947m \quad (27)$$

$$H_{0,max} = \frac{1}{2g} \times \left(\frac{4 \times Q_{krit,max}}{\mu \times \pi \times d_2^2} \right)^2 = \frac{\Delta h_{pr,dop} \times F^2}{F^2 - 1} = \frac{0,417 \times 1,2^2}{1,2^2 - 1} = 1,364m \quad (28)$$

TLORIS



PREREZ A-A



Slika 12: Shematski prikaz usedalnika - lovilca olj skozi odprtino d_1 predpostavimo, da je širina komore pred odprtino d_1 je $b = 1,5$ m; koeficient α je odvisen od pretoka, vendar lahko za prispevne površine manjše ali enake $A = 20$ ha predpostavimo vrednost 1. Hidravlične izgube na odprtini d_1 pa so predpostavljene $\Delta h_1 = 0,02$ m.

⁴⁷ na sliki je namesto znaka Δ uporabljen znak D (Da, De, DZ, Dh_{pr,dop})

$$T_{praz} = \frac{2Z \times (Y \times (c + d + X))}{3600 \times \mu \times \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times \sqrt{2g \times Z}} \quad (29)$$

$$Z = H_{0,1} - \Delta Z \quad (30)$$

$$\Delta Z = \frac{Q_{krit}}{b \times \sqrt{\frac{2g \times \Delta h_1}{\alpha}}} = \frac{0,270}{1,5 \times \sqrt{\frac{19,62 \times 0,02}{1}}} = 0,2873m \cong 0,30m \quad (31)$$

4.3.1.2 Zadrževalnik

Predpostavke in konstrukcijske zahteve, ki jih je pri dimenzioniranju treba upoštevati:

- zadrževalno kapaciteto računamo za nalive povratne dobe $p = 1$ leto ter na dopustni iztok v recipient - Q_{0m} ;
- prostornina objekta ne sme biti manjši od prostornine usedalnika - lovilca olj;
- če je koeficient prepustnosti podlage $k \leq 10^{-5}$ m/s, vodotesna obloga ni potrebna;
- zadrževalnik lahko ima tudi funkcijo ponikovalnice;
- ob pomanjkanju prostora in racionalizaciji lahko združimo zadrževalnik z usedalnikom - lovilcem olj (obvezna vodotesna izvedba);
- za močnejše nalive od $p = 1$ leto izvedemo v menihu preliv, ki ga dimenzioniramo na $p = 10$ let ali pa maksimalno kapaciteto dotočne kanalske cevi/jarka;
- v kroni nasipa moramo predvideti utrjen del za prelivanje 100-letne vode;
- dno vtoka se mora ustrezno utrditi, da ne pride do spiranja tal;
- običajno zadrževalnike gradimo v zemeljski izvedbi. Izrabljajo se naravne ali umetno ustvarjene depresije;
- oblika zadrževalnika je lahko poljubna.

Preglednica 15: V Navodilih uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnikov

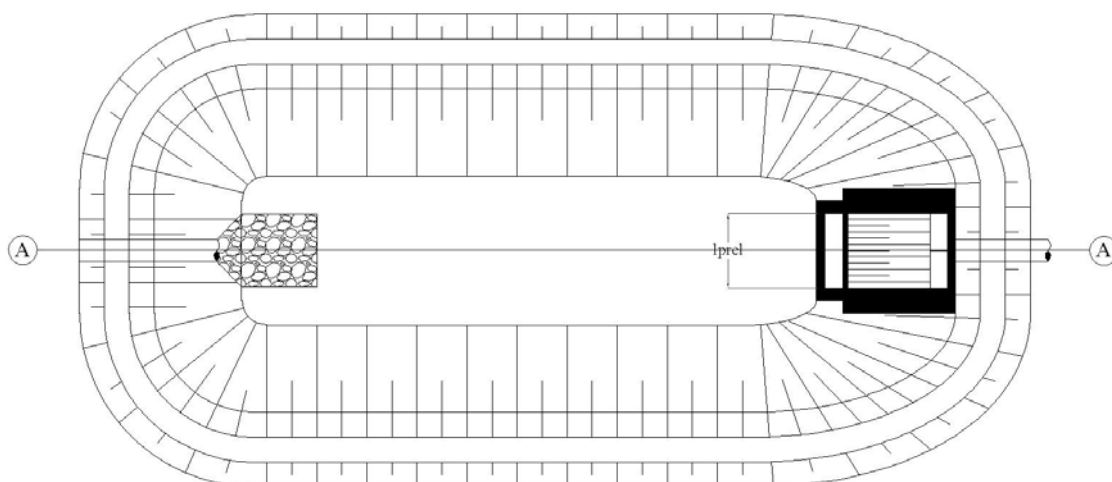
Oznaka		Opis	Enota
RAČUNANJE MERODAJNEGA PRETOKA			
A	...	prispevna površina	ha
p	...	povratna doba merodajnega naliva	leto
$q_{T(n)}$	...	merodajni naliv za dimenzioniranje odvodnje	l/s*ha
q_{15}	...	kritični 15-minutni naliv s povratno dobo $p=1$ leto	l/s*ha

Se nadaljuje...

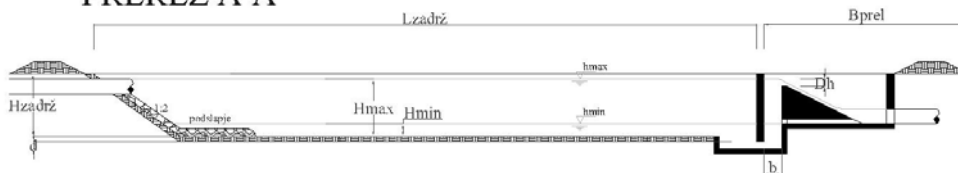
...nadaljevanje

Q_{krit}	...	kritični pretok za naliv q_{15}	m^3/s
Q_{SNV}	...	srednja nizka voda recipienta (potok, reka)	m^3/s
t_c	...	čas koncentracije dotoka	min
T	...	dolžina merodajnega naliva	min
ψ	...	koeficient odtoka	/
ZADRŽEVALNIK			
A_{inf}	...	infiltracijska površina dna zadrževalnika	m^2
Δh	...	predpostavljena višina prelivajoče se vode pri $p=10$ let	m
k	...	koeficient prepustnosti zemljine na dnu zadrževalnika	m/s
l_{preliv}	...	dolžina preliva v menihu	m
m	...	koeficient preliva	/
q_{om}	...	pretok skozi dno zadrževalnika v podtalje	m^3/s
Q_{om}	...	iztok iz zadrževalnika preko dušilke ali v podtalje	m^3/s
$Q_{max,duš}$	...	maksimalni dopustni iztok iz zadrževalnika preko dušilke	m^3/s
$Q_{max,prel}$	...	maksimalni iztok iz zadrževalnika preko preliva	m^3/s
V	...	prostornina zadrževalnika	m^3

TLORIS



PREREZ A-A



Slika 13: Shematski prikaz zadrževalnika (tloris in vzdolžni prerez)⁴⁸

⁴⁸ na sliki je namesto znaka Δ uporabljen znak D (npr. Dh)

Za izračun pripadajoče prostornine, je treba najprej določiti merodajne pretoke.

$$Q_{krit} = q_{15(n=1)} \times \sum A_i \times \psi_i \quad (32)$$

$$q_{T(n)} = q_{15(n=1)} \times \frac{38}{T+9} \left(\frac{1}{\sqrt[4]{n}} - 0,369 \right) \quad (33)$$

Prostornina zadrževalnika je razlika med dotočno in iztočno količino vode v času merodajnega naliva. Enačba 35a velja, kadar je recipient reka ali potok, enačba 35b pa kadar voda ponika skozi dno zadrževalnika (enačbe so poenostavitve tistih, ki so zapisane v *Navodilih*).

$$V = Q_{krit} \times T - Q_{0m} \times (T + t_c) \quad (34)$$

$$Q_{0m} = \frac{2}{3} Q_{max,duš} \quad (35a)$$

$$Q_{0m} = q_{om} = \frac{k}{2} \times A_{inf} \quad (35b)$$

Hidravlično kapaciteto preliava ter njegovo dolžino pri nalivu z 10-letno povratno dobo, ob predpostavljani višini prelivajoče vode izračunamo takole:

$$Q_{max,prel} = q_{t,(n=0,1)} \times \sum A_i \times \psi_i \quad (36)$$

$$l_{preliv} = \frac{Q_{max,prel}}{m \times \sqrt{2g} \times \Delta h^{3/2}} \quad (37)$$

4.3.1.3 Zadrževalnik - usedalnik - lovilec olj

Če lokalni pogoji omogočajo, se lahko v enem objektu združita funkciji zadrževalnika in usedalnika-lovilca olj. Pri tem razbremenilnik ne pride v poštev. Glede prostornine se vzame večja od vrednosti. Posebni konstrukcijski pogoji za te vrste objektov niso predpisani, mora pa biti preprečeno iztekanje ulovljenega olja, ter plavljenje sedimentov. Urejen mora biti

visokovodni preliv v menihu in kroni nasipa, kateri bi morala imeti predpisane posebne konstrukcijske rešitve.

4.3.1.4 Grobi filter

Predpostavke, ki jih je pri dimenzioniranju treba upoštevati:

- bazeni se namestijo med zadrževalnimi bazeni padavinskega odtoka ter bazeni počasnih bioloških filtrov;
- njihov namen je še dodatno zmanjšanje koncentracije suspendiranih snovi v iztoku iz zadrževalnega bazena v prid dolgotrajnemu delovanju počasnih bioloških filtrov;
- delovanje sloni na zapolnitvi efektivnih por (začetne in končne poroznosti posameznih plasti so podane v preglednici 16);
- ob zapolnitvi filtra ga je treba sprati. Filter se pere z vodnim curkom v saržah na neprepustnih tleh. Za ta namen mora biti idealno korito, kamor onesnažena voda odteče. Glede na njeno onesnaženost, se izvedejo ustrezni ukrepi.

Konstrukcijske zahteve:

- filter mora biti grajen neprepustno;
- filter naj bi bil sestavljen iz 5 prekatov. Dolžina vsakega vsaj $L \geq 4$ m;
- višina zadnjega filtrnega sloja naj bi bila $H_5 \geq 1$ m, prvega H_0 po izračunu;
- filtrne plasti sestavljajo agregati različne velikosti. Velikost zrn od 1. do zadnjega naj bo sledeča: 25 cm; 10 cm; 7 cm; 5 cm; 4 cm;
- začetne in končne poroznosti plasti se smejo gibati v mejah:

Preglednica 16: Pregled začetne in končne poroznosti posameznih odsekov filtra

Odsek filtra	1	2	3	4	5
$n_{\text{začetni}} [\%]$	6	10	12	14	16
$n_{\text{končni}} [\%]$	2	4	6	8	10

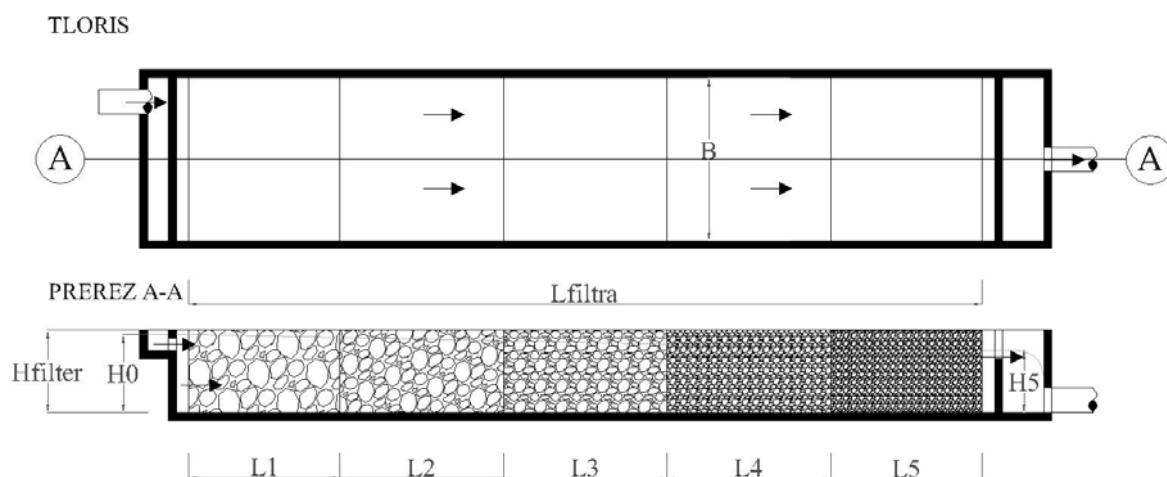
Preglednica 17: V Navodilih uporabljene oznake za dimenzioniranje grobih peščenih filtrov

Oznaka	Opis	Enota
MERODAJNI PRETOK		
Q	... dotočna količina vode iz zadrževalnika	m ³ /s

Se nadaljuje...

...nadaljevanje

q	...	specifični pretok skozi površino filtra	m ² /s
GROBI FILTER			
B	...	širina filtra	m
D _N	...	premer zrn v N odseku filtra	m
H ₅	...	višina zadnje filtrske plasti	m
H ₀	...	višina prve filtrske plasti	m
H _N	...	višina poljubne filtrske plasti	m
k ₁	...	koeficient (=3,03)	/
k ₂	...	koeficient (=2,764*10 ⁻⁵)	/
L _N	...	dolžina poljubne filtrske plasti	m
n _N	...	poroznost pripadajočega odseka filtra	/
n _{zač}	...	začetna poroznost filtrske plasti	/
n _{konč}	...	končna poroznost filtrske plasti	/
v _N	...	hitrost filtracije	m/s
ΔZ _N	...	hidravlične izgube v N odseku filtra	m



Slika 14: Shematski prikaz grobega filtra (tloris in vzdolžni prerez)

Glede na količino odtekle vode iz zadrževalnika (Q) predpostavimo okvirno širino filtra (B), ter iz tega izračunamo hidravlične izgube (ΔZ_N), hitrost filtracije (v_n) in višine filtrske plasti v posameznem prekatu (H_N).

$$v_N = \frac{Q}{B \times H_N} = \frac{q}{H_N} \quad (38)$$

$$H_0 = H_5 + \Delta Z_5 + \Delta Z_4 + \Delta Z_3 + \Delta Z_2 + \Delta Z_1 \quad (39)$$

$$\Delta Z_N = k_1 \times \frac{v_N^2 \times L_N}{D_N \times n_N^2} + k_2 \times \frac{v_N \times L_N}{D_N^2} \times \frac{(1 - n_N)^{3/2}}{n_N^{5/2}} \quad (40)$$

4.3.1.5 Infiltracijsko polje (počasni biološki filter)

Predpostavke, ki jih je pri dimenzioniranju treba upoštevati:

- pred infiltracijo je treba zagotoviti sedimentacijo in zadrževanje, da se zmanjša potrebna površina ter tako stroški izgradnje;
- dopustna hidravlična obremenitev polja se giblje v mejah od $0,02 \text{ m/h} \leq q \leq 0,1 \text{ m/h}$;
- kadar prepustnost filtra pade pod to mejo, je treba krovno plast prodca in filtrsko tkanino odstraniti in nadomestiti z novo. Prav tako se odstrani sloj cca. 40 cm finega kremenčevega peska in se nadomesti z novim.

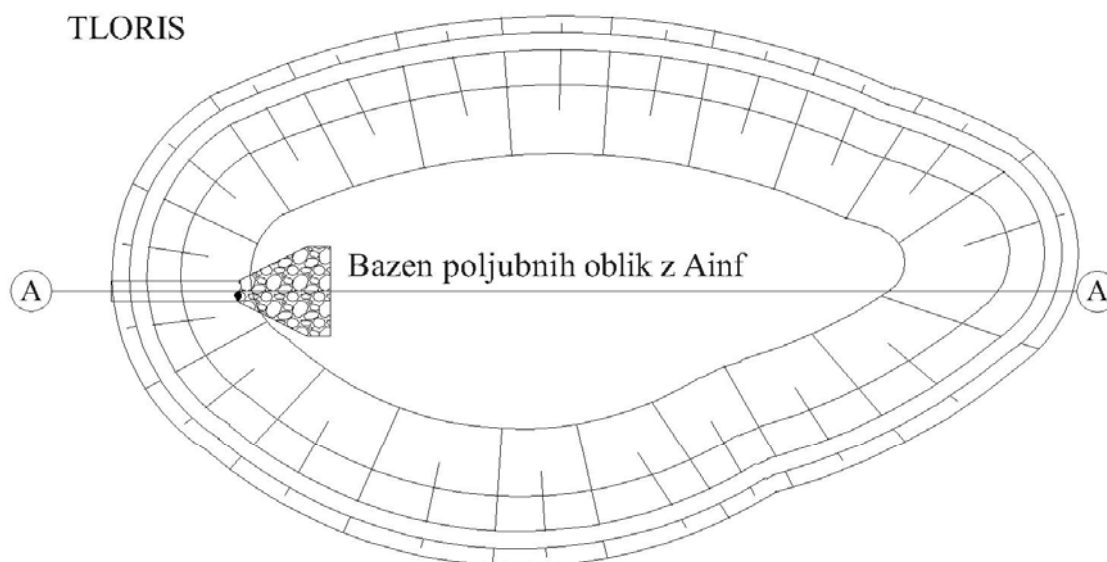
Konstruktivske zahteve:

- izvedba infiltracijskega polja je lahko betonska ali zemeljska. V zadnjem primeru mora biti infiltracijski del pred stikom z naravno prodno zemljino dodatno obložen s filtrsko tkanino in neprepustno folijo;
- oblika infiltracijskega polja je lahko poljubna;
- stene infiltracijskega polja so lahko vertikalne ali pod naklonom;
- sestava filtra (prikazana tudi na sliki 15) je sledeča:
 1. cca. 20 cm debela plast pranega in presejanega prodca zrnivosti 12 - 25 mm;
 2. filtrska tkanina primerne gostote in trdnosti;
 3. pod tkanino po potrebi 20 - 50 cm debela plast aktivnega oglja;
 4. 70 - 100 cm debela plast čistega kremenčevega peska zrn debeline 0,1 - 0,2 mm;
 5. 4 sloji kremenčevega peska različne granulometrijske sestave:
 - 20 cm, zrna 0,3 - 0,6 mm;
 - 20 cm, zrna 0,9 - 1,8 mm;
 - 20 cm, zrna 2,7 - 4,8 mm;
 - 20 cm, zrna 8,1 - 14,4 mm;

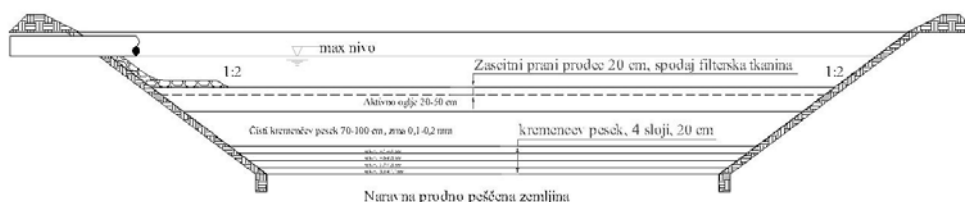
- priporočena je tudi izvedba prelivnega zidu (Rodič, 1998). Le ta pa je odvisen od zadrževalnega objekta ter dotoka v ponikovalnico.

Preglednica 18: V Navodilih uporabljene oznake za dimenzioniranje infiltracijskega polja

Oznaka	Opis	Enota
INFILTRACIJSKO POLJE		
A	infiltracijska površina na kontaktu filtra z naravno prodno podlago	m ²
h	višina vode v filtru nad naravno prodno peščeno podlago	m
k	koeficient prepustnosti vodonosnega sloja	m/s
q	koeficient prepustnosti infiltracijskega polja	m/s
Q	dotok	m ³ /s
Q _{pon}	kapaciteta infiltracijskega polja	m ³ /s
u	razlika med gladino podtalnice in dnom podpornega filtra	m



PREREZ A-A



Slika 15: Shematski prikaz infiltracijskega polja (tloris in vzdolžni prerez)

Enačbi, ki služita dimenzioniranju in potrjevanju sprejemljivosti vodonosnika (če je vodonosnik sposoben prevzeti celotno količino ponikajoče vode, potem sta vrednosti Q v enačbah 41 in 42 enaki).

$$A = \frac{Q}{q} \quad (41)$$

$$Q_{pon} = \frac{k \times A \times (h + u)}{2h} \quad (42)$$

Maksimalno globino vode v ponikovalniku ter njegovo prostornino določimo na podlagi razlike dotoka in odtoka (ponikanje) vode, površine ponikovalnika ter časom trajanja dotoka. Običajno za te objekte ne uporabljamo bazene pravokotnih oblik, zato brežine izvedemo v naklonu. Tako se prostornina bazena računa po enačbi za prostornino prisekanega stožca, piramide ali kakšnega drugega lika.

4.3.1.6 Zadrževalnik s precejalnikom (filtrskim dnom)

Objekt v sebi združuje funkcijo zadrževalnika, grobega filtra in počasnega biološkega filtra, drugače povedano, objekt združuje zadrževanje in čiščenje POV v enem objektu. Uporaben je tako za odvajanje v podtalje kot v tekoče in stoječe vode.

Predpostavke in konstrukcijske zahteve, ki jih je pri dimenzioniranju treba upoštevati:

- maksimalni odtok skozi dušilko je lahko pri tekočih vodah $Q_{odt,max} \leq 1/10 \cdot Q_{SNV}$;
- maksimalna hidravlična obremenitev precejalnika je lahko $v = 0,015 \text{ l/(s*ha)}$;
- običajno ga gradimo v zemeljski izvedbi. V primeru, da je koeficient prepustnosti zemljine $k \geq 10^{-8} \text{ m/s}$, moramo na dno vgraditi folijo. V nasprotnem primeru neprepustna folija ni potrebna;
- na folijo/zemljino so položene drenažne cevi, ki se združijo v odtočno cev, katera se konča z dušilko;
- za evakuacijo zraka morajo biti drenažne cevi in odtočna cev zračeni;
- filtrska plast mora biti vsaj 70 cm debela ter sestavljena po naslednjih pravilih:

- težnostni delež zrn, ki so večja od 2 mm je lahko < 10 %;
 - težnostni delež finega peska je lahko ≈ 25 %;
 - težnostni delež srednjega peska je lahko ≈ 50 %;
 - težnostni delež grobega peska je lahko < 25 %;
 - pesek naj zaradi pospeševanja nitrifikacije vsebuje vsaj 5 % karbonatnih zrn;
- nad filtrsko plast se položi geotekstil, nad njim pa tanka plast peščene zemljine s humozom in zatravitvijo. Možna je tudi zasaditev trsja;
- med filtrsko plastjo in drenažami se vgradi 30 cm debela filtrska plast zrn velikosti 2 do 4 mm.

Preglednica 19: V Navodilih uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnika s precejalnikom

Oznaka		Opis	Enota
ZADRŽEVALNIK S PRECEJALNIKOM			
A_i	...	prispevna površina	m^2
A_n	...	"neprepustna" prispevna površina	m^2
A_p	...	površina zadrževalnika s precejalnikom	m^2
$H_{dop,letno}$	...	dopustna letna hidravlična obremenitev precejalnika	m
h_p	...	povprečna letna količina padavin	mm/leto
$h_{v,max}$	...	maksimalna globina vode v zadrževalniku	m
n	...	pogostost naliva	/
$q_{15,n}$	...	15-minutni naliv poljubne pogostosti n	$l/s \cdot ha$
$q_{0,m}$	...	računska prepustnost dušilke	m^3/s
Q_d	...	maksimalna dopustna kapaciteta dušilke	m^3/s
t_c	...	čas koncentracije vode v zadrževalniku	min
v	...	maksimalna hidravlična obremenitev površine precejalnika	m/s
Y	...	faktor za račun merodajnega naliva (=9)	/
ψ	...	koeficient odtoka	/

Enačbe, s katerimi se računa potrebna zadrževalna prostornina zadrževalnika nad precejalnikom, ter pogoji, katerim mora zadrževalna prostornina zadostiti, so naslednji:

$$A_n = \sum A_i \times \psi_i \quad (43)$$

$$Q_d \leq v \times A_p \quad (44)$$

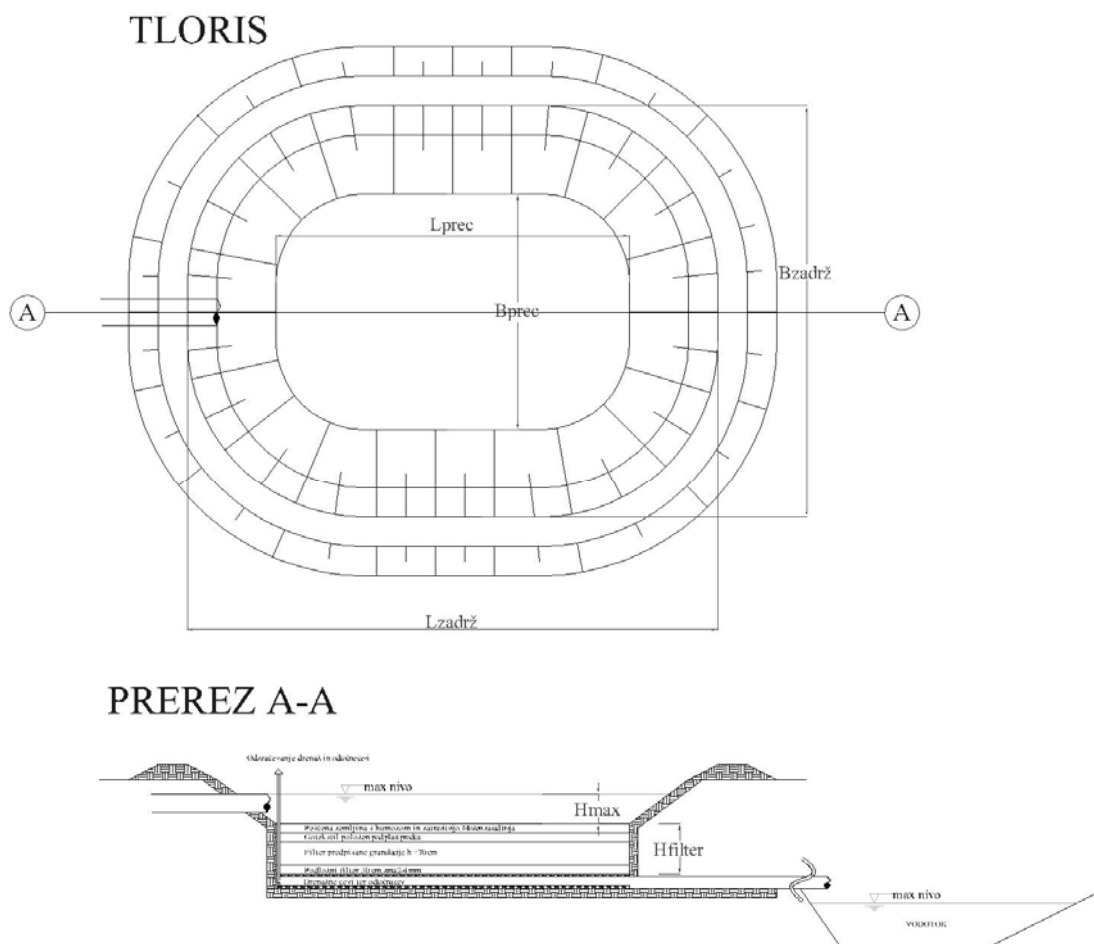
$$q_{0,m} = \frac{2}{3} Q_d \quad (45)$$

$$V = \frac{\left[\sqrt{(q_{15,n} \times A_n \times Y^2)} - \sqrt{q_{0,m} \times Y^2} \right] \times [q_{15,n} \times A_n \times Y]}{\sqrt{(q_{15,n} \times A_n \times Y^2)}} \quad (46)$$

$$- \left[\sqrt{(q_{15,n} \times q_{0,m} \times A_n \times Y^2)} - q_{0,m} \times (Y - t_c) \right] \times 60 \times 10^{-3}$$

$$h_{v,max} \leq 1,00m \quad (47)$$

$$H_{dop,letno} = \frac{A_n \times h_p \times 10}{A_p} \leq 40m / leto \quad (48)$$



Slika 16: Shematski prikaz zadrževalnika s precejalnikom (tloris in vzdolžni prerez)

4.3.1.7 Rastlinska čistilna naprava (*RČN*)

V tem delu ne bodo podane enačbe za dimenzioniranje *RČN*⁴⁹, ampak le osnovne predpostavke in ideje, zakaj graditi ta objekt:

- prednosti *RČN* so: nizki stroški izgradnje, enostavno vzdrževanje, delovanje brez dodatnih virov energije, puferske sposobnosti, okolju prijazen izgled ter možnost večnamenske izrabe;
- dimenzioniramo jih samo na kritični naliv (v funkciji zadrževanja tudi na višje obremenitve);
- v tem objektu se POV čisti s pomočjo različnih mešanic substrata, mikroorganizmov in močvirskih rastlin;
- voda se iz zadrževalnika (ki se zgradi pred *RČN*) steka v *RČN* preko sistema vodotesnih gred;
- voda se pretaka po drenažah v horizontalni ali vertikalni smeri pod površino substrata, s katerim so grede napolnjene;
- potrebna vodotesna izvedba;
- izoblikujemo jih razgibano, da se vključijo v naravno krajino;
- *RČN* lahko služi tudi kot manjši zadrževalnik. Ali pa zadrževalnik kot *RČN* (možna zasaditev rastlinja tudi v zadrževalnik).

⁴⁹ Bulc, T., Vrhovšek, D. 1998. Rastlinska čistilna naprava kot zaščita okolja pred vplivi avtocest. 4. slovenski kongres o cestah in prometu: 268-272 in Bulc, T., Vrhovšek, D., Kompare, B. 2002 6. slovenski kongres o cestah in prometu.

4.3.2 Nemška navodila in smernice

V dostopni literaturi ni bilo moč zaslediti smernic ali navodil, ki bi urejale samo odvodnjo z AC, kot to urejajo slovenska *Navodila*. Zato se je bilo treba zateči k množici smernic, ki splošno obravnavajo odvodnjo ter ravnanje s *POV* v urbanih in ruralnih območjih.

Obraavnani dokumenti, ki so bili povzeti za namen te diplomske naloge:

- ATV-A 111: Richtlinie fuer die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasserentlastungsanlagen in Abwasserkanaelen und -leitungen (Februar 1994);
- ATV-DVWK-A 117: Bemessung von Regenueckhaltraeumen (Maerz 2001);
- ATV-A 128: Richtlinien fuer die Bemessung und Gestaltung von Regentlasungsanlagen in Mischwasserkanaelen (April 1992);
- ATV-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rueckhaltung: Konstruktive Gestaltung und Ausruestung (November 1999);
- ATV-DVWK-M 176: Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausruestung von Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rueckhaltung;
- DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (April 2005);
- DWA-M 178: Empfehlungen fuer Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem (Februar 2001).

OPOMBA

Že na začetku je treba omeniti, da so oznake parametrov in v enačbah uporabljene oznake enake kot v originalu, torej v pripadajočih smernicah. Povzete so tudi okrajšave objektov ter njihovih elementov.

4.3.2.1 Čistilni bazen (Regenklaerbecken) po ATV-A 166

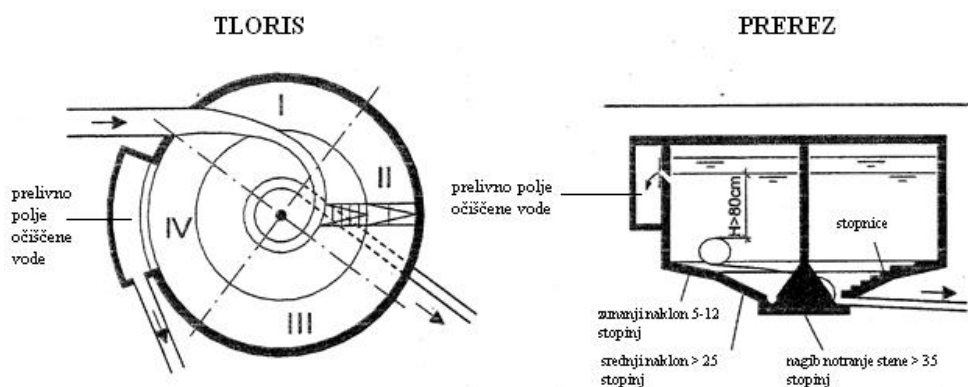
Njegova naloga je, da sedimentira suspendirane snovi ter odstrani tekočine, lažje od vode (goriva, olja). Nekatere predpostavke, ki jih pri dimenzioniranju upoštevamo:

- v bazen vodimo le kritični pretok (ki se določi po ATV-A 128), ostali del pa že prej preko preliva odvedemo direktno v recipient ali zadrževalnik;
- objekt mora biti grajen vodotesno.

Glede izvedbe ločimo dve obliki: okroglo in pravokotno.

• OKROGLI ČISTILNI BAZEN

- razdalja med temenom vtočne cevi (premera D) ter iztokom čiste vode preko prelivnega polja očiščene vode mora biti najmanj $0,5 \cdot D$ ali $0,8$ m;



Slika 17: Shematični prikaz okroglega čistilnega objekta (tloris in prečni prerez)

- za učinkovito delovanje mora biti razmerje dotoka, hitrosti vodnega toka ter prostornine bazena naslednje:

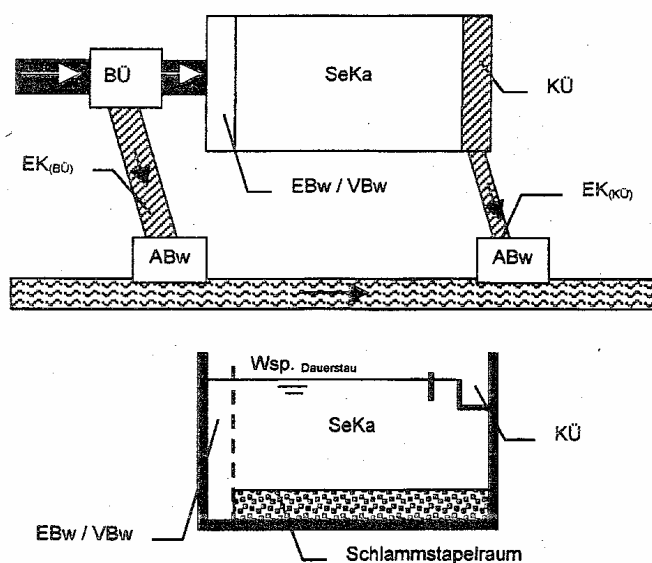
$$P_{spez} = \frac{Q_{zu} \times v_{zu}^2 \times \rho}{2V} < 0,08W / m^3 \quad (49)$$

$Q_{zu} \dots$	odtok čez preliv	$[m^3/s]$
$v_{zu} \dots$	iztočna hitrost	$[m/s]$
$\rho \dots$	gostota odpadne vode ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)	$[kg/m^3]$
$V \dots$	prostornina okroglega čistilnega bazena	$[m^3]$

- iztočni preliv mora glede na dotok vedno ležati v zadnjem, 4. kvadrantu bazena;
- dotok je vedno ob dnu bazena.

• **PRAVOKOTNI ČISTILNI BAZEN**

- vtočni del mora biti oblikovan tako, da je tok skozi objekt enakomeren in umirjen. Horizontalna hitrost naj ne bi bila večja od $v_h \leq 0,05$ m/s. Površinska obremenitev pa naj ne bi bila večja od $q_A \leq 10$ m/h;



Slika 18: Shematični prikaz čistilnega objekta (situacija in prečni prerez)

Preglednica 20: Oznake, uporabljene na sliki 18

Oznaka	Nemški izraz	Slovenski prevod
ABw	Abwasserwerk	odtočni objekt
BÜ	Beckenüberlauf	prelivno polje
EBw	Einlaufbauwerk	vtočni objekt
EK	Entlasungskanal	odtočni kanal
KÜ	Klärüberlauf	prelivno polje očiščene vode
SeKa	Sedimentationskammer	sedimentacijski volumen
VBw	Verteilungsbauwerk	razdelilni objekt
Wsp	Wasserspiegel	vodna gladina
/	Schlammstapelraum	del objekta za usedanje nesnage

- objekt naj bo sestavljen iz 3 delov: vtočni umirjevalni del, sedimentacijski del ter prelivni del s potopno steno;

- za zadrževanje olja mora biti zagotovljena prostornina $V_{LS} \geq 5 \text{ m}^3$;
- dotok naj bo vedno potopljen (ob samem dnu bazena ali pa pod dnom);
- optimalno sedimentacijo dosežemo s pravilnim razmerjem dimenzij bazena (L - dolžina, H - višina, B - širina):

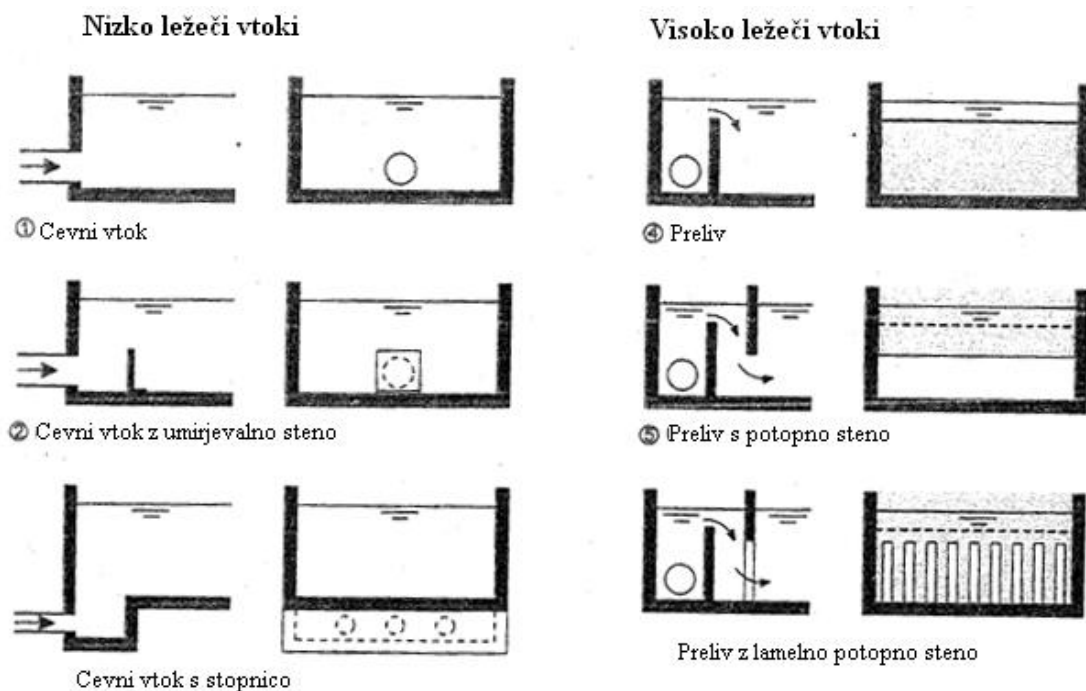
$$10 < L:H < 15$$

$$3 < L:B < 4,5$$

$$2 < B:H < 4$$

$$H \geq 2 \text{ m}$$

- iztočni preliv višine $h_u \leq 0,15 \text{ m}$ naj bo izveden čez celotno dolžino objekta;
- da olja in goriva ne bi iztekala preko preliva se vgradi potopna stena, ki mora biti ob minimalni višini vode v bazenu nižja od vodne gladine za $T \geq 10 \text{ cm}$;
- pred prelivom pa se izdelata še ena potopna stena, ki se dimenzionira po ATV-A 111.



Slika 19: Različne variante vtokov ter načini umirjanja vodnega toka po ATV-A 166

Za razliko od slovenskih *Navodil*, kjer je priporočen vtok v zgornjem delu bazena, je nasprotno po nemških predpisih vtok priporočljiv v spodnjem delu objekta.

4.3.2.2 Zadrževalni objekt (Regenrueckhalteraeumen) po ATV-DVWK-A 117

Te smernice veljajo tako za en sam objekt, kot tudi za sistem zadrževalnih objektov v mešanih in meteornih kanaliziranih sistemih. Konstruiranje zadrževalnega bazena na vodovarstvenih območjih obravnava ATV-DVWK-M 153. Zadrževalniki so lahko odprti ali zaprti, iz različnih umetnih materialov, armiranega betona ali zemljine. Lahko so kot bazeni, kanali ali jarki. Iz ekološkega in ekonomskega stališča je priporočljivo preveriti možnost razbremenjevanja dela odtoka na mestu objekta ali v neposredni okolici.

Nekatere predpostavke pred dimenzioniranjem:

- izbira dobrega iztočnega sistema - dušilke (ATV-A 166 in ATV-A 111), ki je odvisen od dimenzij iztočne kanalizacije ali pa od ogroženosti recipienta;
- izbrati moramo tudi primerno povratno dobo naliva (T_n), na katerega dimenzioniramo. Za nadalje kanaliziran sistem so priporočila v smernicah ATV-A 118, za odvod direktno v recipient, pa je treba T_n izbrati na podlagi ogroženosti recipienta;
- zadrževalni bazen lahko služi tudi kot ponikovalnik. V tem primeru se potrebna prostornina zmanjša;
- za izračun prostornine zadrževalnika imamo na voljo dva postopka: enostavni analitični in časovno simulacijski.

Preglednica 21: V ATV-DVWK-A 117 uporabljene oznake za dimenzioniranje zadrževalnika

Oznaka		Opis	Enota
RAČUN MERODAJNEGA PRETOKA			
$A_{E,k}$	...	kanalizirana prispevna površina	ha
$A_{E,b}$	...	utrjene površine	ha
$A_{E,nb}$	...	neutrjene površine	ha
A_u	...	"neprepustna" prispevna površina	ha
D	...	čas trajanja merodajnega naliva	min
n	...	pogostost merodanjega naliva	/
$r_{D,n}$	...	merodajni naliv z določenim trajanjem (D) in pogostostjo (n)	l/s*ha
t_f	...	čas koncentracije odtoka	min
T_n	...	povratna doba merodajnega naliva	leto
ψ_m	...	koeficient odtoka	/
ZADRŽEVALNIK (Regenrueckhaltbecken)			
f_a	...	faktor vpliva časa koncentracije pritoka ter odtoka preko dušilke	/
f_z	...	varnostni faktor	/
$q_{dr,r,u}$	...	specifični odtok preko dušilke glede na velikost A_u	l/s*ha

Se nadaljuje...

...nadaljevanje

Q_{dr}	...	pretok skozi dušilko	l/s
$Q_{dr,v}$	...	odtok gorvodno ležečih območij	l/s
Q_{t24}	...	sušni odtok (=0 l/s)	l/s
V	...	prostornina zadrževalnika	m ³
$V_{S,u}$	...	specifična prostornina zadrževalnika	m ³ /ha
k	...	rang parametrov simulacije (od 1=maksimalno do L)	/
L	...	število parametrov, ki smo jih upoštevali v simulaciji (2-3xM)	/
M	...	časovni okvir simulacije (v letih)	/

• ENOSTAVNI ANALITIČNI POSTOPEK

Ta postopek lahko uporabimo ob naslednjih predpostavkah:

- $A_{E,k} < 200$ ha;
- $t_f < 15$ minut;
- v teh dveh primerih je tako $A_{E,b}$ lahko $A_{E,b} = 60 - 80$ ha;
- $n \geq 0,1$, kar pomeni $T_n \leq 10$ let;
- $2 \text{ l/(s*ha)} \leq q_{dr,r,u} \leq 40 \text{ l/(s*ha)}$;
- odtok skozi dušilko $q_{dr,r,u}$ je neodvisen od višine polnitve bazena.

S pomočjo spodnjih enačb se po grafičnem ali tabelarnem postopku izvednosti $V_{S,u}$ za različne dolžine trajanja naliva (D). Maksimalna razlika med dotokom in odtokom je potrebna prostornina:

$$A_u = A_{E,b} \times \psi_{m,b} + A_{E,nb} \times \psi_{m,nb} \quad (50)$$

$$V_{S,u} = 0,06 \times (r_{D,n} - q_{dr,r,u}) \times D \times f_z \times f_A \quad (51)$$

$$V = V_{S,u} \times A_u \quad (52)$$

$$q_{dr,r,u} = \frac{Q_{dr} - Q_{dr,v} - Q_{t24}}{A_u} \approx \frac{Q_{dr}}{A_u} \quad (53)$$

Preglednica 22: Varnostni faktor f_z po ATV-DVWK-A 117

Varnost	f_z
velika	1,20
srednja	1,15
nizka	1,10

Faktor f_z predstavlja varnostni faktor in je izvrednoten na podlagi ugotovitev, da pripadajoče enačbe (brez faktorja f_z) dajejo podcenjene vrednosti. Faktor f_A je odvisen od t_f ter $q_{dr,r,u}$ in se lahko določi računsko ali grafično. Ob tem pa je treba upoštevati robne pogoje veljavnosti:

- $0 \text{ min} \leq t_f \leq 30 \text{ min}$;
- $2 \text{ l/(s*ha)} \leq q_{dr,r,u} \leq 40 \text{ l/(s*ha)}$;
- $0,1 \leq n \leq 1,0$.

Enačba za določitev faktorja varnosti:

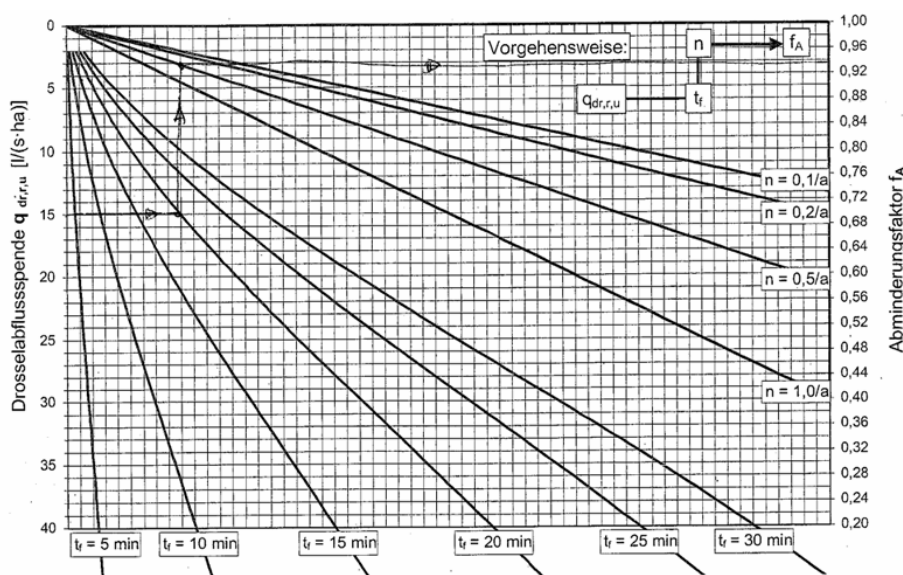
$$f_A = (0,6134 \times n + 0,3866) \times f_1 - (0,6134 \times n - 0,6134) \quad (54)$$

$$f_1 = 1 - \left(1 \cdot 10^{-10} \times t_f^3 - 8 \cdot 10^{-9} \times t_f^2 + 1 \cdot 10^{-8} \times t_f \right) \times q_{dr,r,u}^3 \quad (55)$$

$$+ \left(1,6 \cdot 10^{-8} \times t_f^3 - 9,15 \cdot 10^{-7} \times t_f^2 + 1,14 \cdot 10^{-6} \times t_f \right) \times q_{dr,r,u}^2$$

$$+ \left(1,8 \cdot 10^{-7} \times t_f^3 - 1,25 \cdot 10^{-5} \times t_f^2 + 1,56 \cdot 10^{-5} \times t_f \right) \times q_{dr,r,u}$$

Graf iz katerega lahko razberemo potrebni faktor varnosti:



Slika 20: Graf za določitev f_A

• ČASOVNO SIMULACIJSKI POSTOPEK

Kadar je $A_{E,b}$ večje od 80 ha in je t_f daljše od 15 minut, je za varno in ekonomično projektiranje primerna časovna simulacija procesa polnjenja in praznjenja zadrževalnika. Zato

uporabljam poljubni računalniški program (npr. HEC-HMS). Za takšno analizo potrebujemo daljši niz podatkov o padavinah (vsaj 10 let, za večja prispevna območja pa je zaželeno $3 \cdot T_n$). Pri analizi moramo upoštevati: vse površine, evapotranspiracijo, ponikanje na neutrjenih površinah, transportno sposobnost elementov odvodnjavanja, čas koncentracije posameznega prispevnega območja,... Priporočila za izdelavo časovne simulacije so v smernicah ATV-A 165.

Da pa so rezultati reprezentativni, moramo upoštevati naslednji pogoj:

$$T_n = \frac{L+1}{k} \times \frac{M}{L} \quad (56)$$

Za daljšo povratno dobo kot izvedemo simulacijo (T_n), daljši mora biti njen časovni okvir (M), več parametrov moramo v njem zajeti (L), ter nižji mora biti rang parametrov (k).

4.3.2.3 Filtracijski bazen z zadrževalnikom ter predčiščenjem (Retentionsbodenfilter) po DWA-M 178

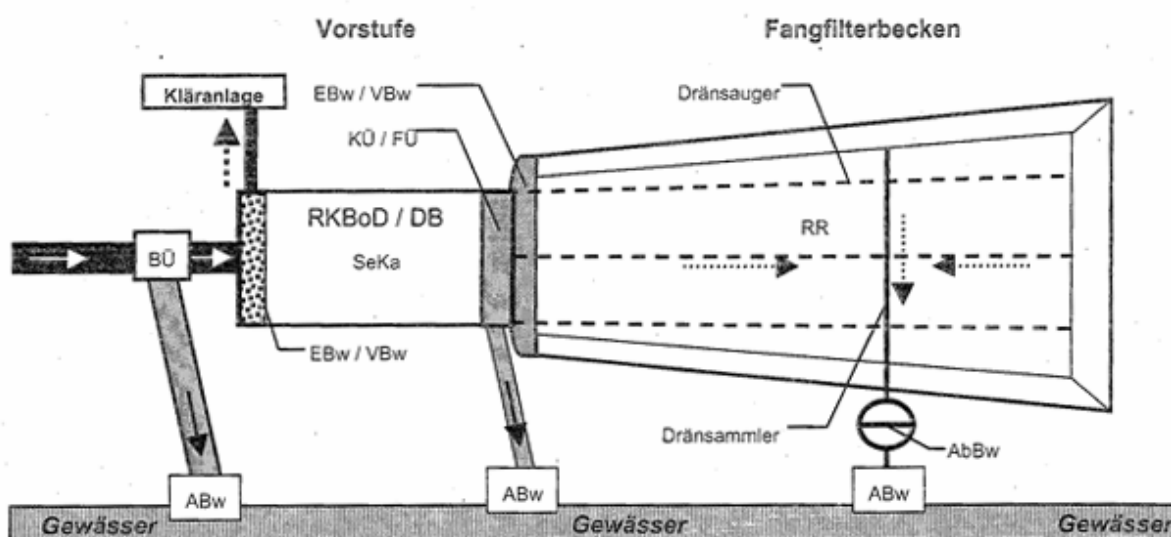
V Nemčiji se ti objekti uporabljajo od leta 1990. To so dvofazni sistemi, sestavljeni iz čistilnega bazena - predčiščenje (Regenklaerbecken) ter filtracijskega bazena z zadrževanjem - mehansko in biološko čiščenje (Retentionsfilterbecken).

Osnovne predpostavke, katerim mora objekt zadostiti in jih izpolnjevati:

- s predčiščenjem (čistilni bazen) ter drugimi ukrepi moramo zagotoviti zadostno čistilno sposobnost in prepustnost filtra;
- za natančno dimenzioniranje potrebujemo niz podatkov o padavinah za vsaj 10 let;
- postavitve objekta naj bi bila takšna, da bi voda iz njega lahko nemoteno gravitacijsko odtekla;
- bližnja vegetacija, posebej drevesa, ovirajo delovanje filtra. Priporočljivo je, da v radiju 20 m ni dreves;
- za filtrski material se lahko uporablja lokalni, če le izpolnjujejo pogoje;
- na čistilnem bazenu je treba zgraditi prelivno polje, preko katerega se odvede pretok, ki je večji od kritičnega.

Preglednica 23: Oznake, uporabljene na sliki 21

Oznaka	Nemški izraz	Slovenski prevod
ABw	Abwasserwerk	odtočni objekt
BÜ	Beckenüberlauf	prelivno polje
DB	Durchlaufbecken	pretočni bazen
EBw	Einlaufbauwerk	vtočni objekt
FÜ	Filterbeckenüberlauf	prelivno polje v filtrskem bazenu
KÜ	Klärüberlauf	prelivno polje očiščene vode
NU	Notumlauf	varnostni obtok
RKBoD	Regenklärbecken ohne Dauerstau	čistilni bazen brez stalne zajezebe
RR	Retentionsraum	zadrževalni prostor
SeKa	Sedimentationskammer	sedimentacijski prostor
VBw	Verteilungsbauwerk	razdelilni objekt



Slika 21: Shematični prikaz filtracijskega bazena z zadrževanjem in predčiščenjem (situacija)

Konstruktivske in izvedbene zahteve in priporočila:

- za predčiščenje so priporočljivi čistilni bazeni brez stalne zajezebe;
- filtrski bazen je sestavljen iz več komponent. Vsaka ima svojo funkcijo in karakteristike. Te so podane v preglednici 24

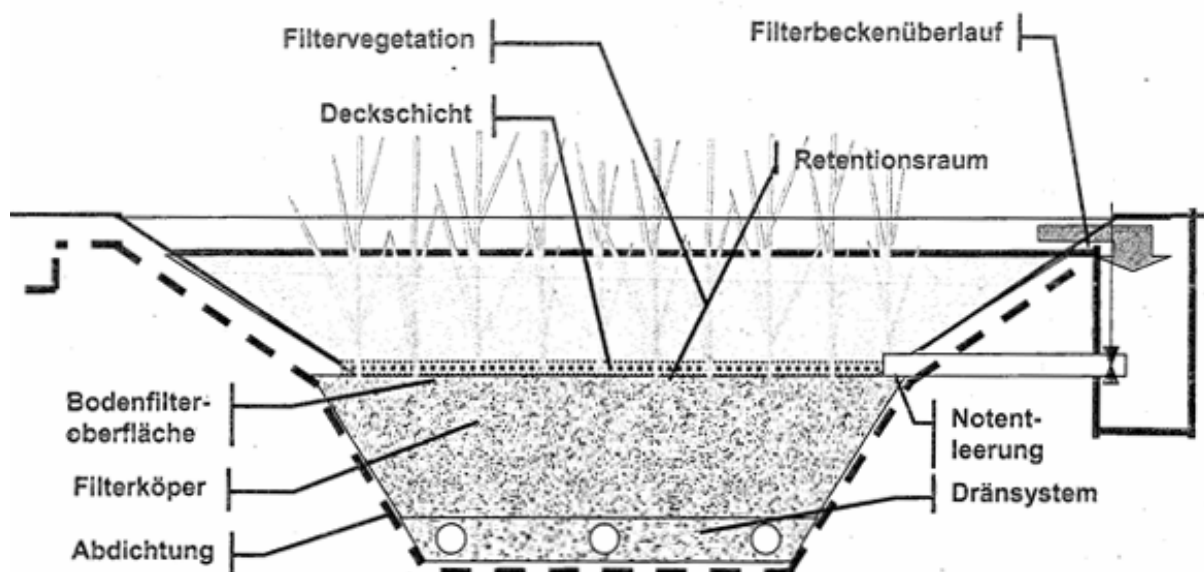
Preglednica 24: Komponente filtrskega bazena ter njegove karakteristike (oznake iz slike 22)

Komponenta		Tehnično priporočilo
Nemški izraz	Slovenski prevod	
Abdichtung	tesnilo	koeficient prepustnosti manjši od 10^{-8} m/s, zaščititi pred poškodbami in zdrsom

Se nadaljuje...

...nadaljevanje

Deckshicht	zaščitna krovna plast	5 cm debela plast proda d=2-8 mm ali pranege konglomerata d=2-5 mm
Draensystem	drenažni sistem	Prosotor zapolnjen s prodcem d=2-8 mm (70% 2-4 mm in 30% 4-8 mm), drenažne cevi DN \geq 150 na razdalji \leq 5 m, dolžine \leq 40m, kolektorji DN \geq 200mm, do 2000 m ² na odtok
Einlauf- und Verteilungsbauwerk	vtočni in razdelilni objekt	prepustnost praga do 150 l/(s*m), treba se je izogibati točkovnemu natoku
Filterkoerper	telo filtra	homogen, brez filtrskih tkanin med filtrom ter drenažo in filtrom ter zgornjim zaščitnim slojem, debeline \geq 0,5m, iz peska debelin d=0-2 mm
Filtervegetation	vegetacijski pokrov	rastlinje vrste Phragmites communis, višina rastlin ob zasaditvi do 60 cm, ob vtoku 8 ter stran od vtoka 6 rastlin na m ²
Retentionsraum	zadrževalni prostor	enakomerni dotok in pretok skozi objekt, popolna osončenost



Slika 22: Shematični prikaz sestave filtracijskega bazena (prerez)

- sestava filtrskega materiala:
 - priporočena sestava filtra je v preglednici 25:

Preglednica 25: Priporočena sestava filtra

Material	Zrnavost	Priporočene vrednosti	Mejne vrednosti	
	[mm]		min	max
		[%]	[%]	
glina, mulj	< 0,06	0	0	1
fini pesek	0,06 - 0,20	15	10	25
srednje zrnat pesek	0,20 - 0,60	70	60	80
grobo zrnat pesek	0,60 - 2,00	15	10	25
fini prod	> 2,0	0	0	1

- najbolj primeren material je pesek velikosti $d = 0 - 2$ mm,
- v filtru morajo biti zastopane vse frakcije - bolj enakomerna sestava filtra, boljše delovanje (za meteorno vodo bolj grobe frakcije, manjši del finega peska);
- za odstranjevanje težkih kovin iz *POV* je priporočljivo, če je v filtru vsaj 5 % karbonatnih kamenin (CaCO_3 , dolomit ni primeren). Če vgrajeni material tega ne vsebuje, lahko dodamo 10 - 15 % pranega lomljenca (ki vsebuje vsaj 80 % CaCO_3), velikost frakcije 2 - 5 mm,

Preglednica 26: V DWA-M 178 uporabljene oznake za dimenzioniranje filtracijskih bazenov

Oznaka		Opis	Enota
ČISTILNI BAZEN (Regenklaerbecken)			
A_{RKB}	...	potrebna površina bazena	m^2
A_u	...	neprepustna površina prispevnega območja	ha
q_A	...	hidravlična površinska obremenitev	m/h
Q_F	...	pritok "tuje" vode ($=0$ l/s)	l/s
$Q_{r,krit}$	...	kritični odtok z območja	l/s
r_{krit}	...	kritični naliv ($=15$ l/s*ha)	l/s*ha
FILTRACIJSKI BAZEN (Fangfilterbecken)			
A_F	...	površina filtracijskega bazena	m^2
e_G	...	količina odtekle vode skozi 1. fazo proti celotni dotekli vodi	%
$e_{G,zul}$	...	količina odtekle vode skozi 1. in 2. fazo proti celotni dotekli vodi	%
$h_{F,m}$	...	srednja letna hidravlična obremenitev filtra	m
$h_{F,max}$	...	maksimalna letna hidravlična obremenitev filtra	m
h_{RBF}	...	višina vode v zadrževalnem delu	m
n_{RBF}	...	srednja letna pogostost izpraznitve filtracijskega bazena	/
n_{zul}	...	dopustna letna pogostost izpraznitve filtracijskega bazena	/
$q_{Dr,RBF}$	...	specifični odtok filtrirane vode ($=0,02$ l/s* m^2)	l/s* m^2
$Q_{Dr,RBF}$	...	odtok filtrirane vode	l/s
$t_{E,i}$	...	čas zadrževanja vode	h
V_{RBF}	...	potrebna prostornina zadrževalnega dela	m^3
$VQ_{Dr,RRA}$	...	povprečna letna količina vode iz zadrževalnega dela	m^3/leto
VQ_E	...	povprečna letna količina odtekle vode, ki ni bila filtrirana	m^3/leto

Se nadaljuje...

...nadaljevanje

VQ_F	...	povprečna letna količina prefiltrirane vode	$m^3/leto$
VQ_{FUE}	...	povprečna letna količina preko preliva odtekle vode	$m^3/leto$
VQ_r	...	povprečna letna količina vode iz prispevnega območja	$m^3/leto$
$\mu_{hyd,G}$	...	hidravlična učinkovitost	%

V nadaljevanju bo kratek opis posameznih elementov:

• ČISTILNI BAZEN

Višina objekta h_{RKB} naj bi bila večja od 2 m. Kritični naliv, ki ga odvedemo na čistilni bazen je $q_{krit} = 15 \text{ l/(s*ha)}$. Horizontalno hidravlično obremenitev objekta pa predpostavimo $q_A = 7,5 \text{ m/h}$ (pri čistilnih bazenih s stalno zajezbo) ter $q_A = 10 \text{ m/h}$ (pri čistilnih bazenih brez stalne zajezbe). Ostala priporočila so bila opisana pod točko 4.3.2.1.

$$A_{RKB} = \frac{3,6 \times Q_{RKB}}{q_A} \quad (57)$$

$$Q_{RKB} = r_{krit} \times A_u + Q_F \quad (58)$$

• FILTRACIJSKI BAZEN

Za dimenzioniranje je predpisan iterativni postopek, pri katerem predpostavimo parametre A_F , $q_{Dr,RBF}$, h_{RBF} ter nagnjenost brežin bazena (1:m), s katerimi simuliramo dotok - iztok iz bazena. Iteracija poteka v 9 korakih (postopek je v DWA-M 178 na strani 31 zelo nazorno prikazan):

1. izbira površine A_F ;
2. na podlagi izbranega $q_{Dr,RBF}$ (predpostavljeno $0,02 \text{ l/(s*m}^2\text{)})$ izračun $Q_{Dr,RBF}$:

$$Q_{Dr,RBF} = q_{Dr,RBF} \times A_F \quad (59)$$

3. predpostavimo višino zadrževalnega dela h_{RBF} ter nagnjenost brežin bazena (1:m). Izračunamo prostornino zadrževalnega dela V_{RBF} ;
4. določimo merodajen niz podatkov o padavinah (priporočljiv 10-letni niz podatkov o padavinah);
5. z računalniško simulacijo dobimo podatke: $VQ_{Dr,RAA}$, VQ_E , VQ_F , VQ_{FUE} , VQ_r , n_{RBF} , $t_{E,i}$;

6. izračunamo količnik e_G in učinkovitost $\mu_{hyd,G}$. Slednja mora biti večja od učinkovitosti

$\mu_{hyd,G,erf}$, pri kateri poleg čistilnega bazena upoštevamo tudi filtracijski bazen

$$e_G = \frac{VQ_E}{VQ_r} \times 100\% \leq e_{G,zul} \quad (60)$$

$$\eta_{hyd,G} = 100\% - e_G \geq \eta_{hyd,G,erf} \quad (61)$$

$$n_{RBF} \leq n_{zul} \quad (62)$$

7. določimo hidravlično obremenitev filtracijskega bazena (enčba 63 velja za filtracijski bazen brez preлива, enačba 64 pa za pretočni filtracijski bazen s prelivom)

$$h_F = \frac{VQ_F}{A_F} \quad (63)$$

$$h_F = \frac{VQ_F + 0,3VQ_{FUE}}{A_F} \quad (64)$$

8. povprečna vrednost $h_{F,m}$ za izbrani niz podatkov o padavinah se mora gibati okoli 50 m, $h_{F,max}$ pa ne sme preseči 70 m;
9. če so vsi pogoji: $h_{F,m}$, $h_{F,max}$, e_G , $\mu_{hyd,G}$ in n_{RBF} izpolnjeni, filtracijski bazen ustreza vsem pogojem, drugače je treba iteracijo ponoviti z drugimi vhodnimi podatki.

4.3.2.4 Iztočne naprave in objekti (Entlasungsanlagen) po ATV-A 111

ATV-A 111 velja za naprave, ki služijo razbremenjevanju padavinske vode ter naprave, ki služijo odtoku vode s čistilnih in zadrževalnih objektov. Dokument ne opisuje naprav za merjenje pretoka.

V smernici so objekti in naprave ločeni glede vrste toka, ki se preliwa preko njih. Vsaka naprava/objekt ima svoje posebnosti in pogoje dimenzioniranja:

1. prelivne naprave s prosto gladino: prelive - čelni, bočni (Ueberlauf), stranski preliv v krivini (Heberwehr), zaklopke (bewegliche Verschluesse), kanalski prelivni objekt (Regenueberlauf mit Bodenoeffnung);

2. odtočne naprave pod pritiskom: dušilke (Drosselorgane), odprtine (Auslaufschlitze), regulacijske naprave (Regelorgane).

Preglednica 27: V ATV-A 111 uporabljene oznake za prelive s prosto gladino (oznake iz slik 22 in 23)

Oznaka		Opis	Enota
ČELNI PRELIV (Senkrechte Anstroemung)			
c	...	koeficient prelivajoče se vode (popoln, nepopoln)	/
g	...	težnostni pospešek ($=9,81 \text{ m/s}^2$)	m/s^2
h_{ue}	...	višina vode nad prelivom gorvodno	m
h'	...	višina vode nad prelivom dolvodno	m
h_t	...	višina med dnom potopne stene ter robom preliva	m
l_{ue}	...	dolžina preliva	m
n	...	koeficient vrste preliva (ostrorobi =2, široki prag =4)	/
Q_{ue}	...	pretok preko preliva	l/s
t_{ue}	...	višina ostrorobega preliva	m
μ	...	koeficient izgub preliva	/
BOČNI PRELIV (Seitliche Anstroemung)			
d_0	...	višina dotočnega dela	m
Fr_0	...	Froudovo število	/
g	...	težnostni pospešek ($=9,81 \text{ m/s}^2$)	m/s^2
$h_{ue,m}$	...	srednja višina vode nad prelivom	m
$h_{ue,u}$	...	višina vode nad prelivom na koncu preliva	m
$h_{ue,0}$	...	višina vode nad prelivom na začetku preliva	m
h_u	...	višina vodne gladine v odtočnem delu	m
h_v	...	izgube vzdolž preliva (po enostavnem postopku = 0m)	m
h_0	...	višina vodne gladine v dotočnem delu	m
l_{ue}	...	dolžina preliva	m
Q_{ue}	...	pretok preko preliva	l/s
Q_0	...	dotok	l/s
$v_{B,u}$	...	hitrost vodnega toka na iztoku	m/s
$v_{B,0}$	...	hitrost vodnega toka na dotoku	m/s
s_0	...	višina preliva	m
Δs	...	višinska razlika vzdolž preliva	m
STRANSKI PRELIV V KRIVINI (Anstroemung in Kruemmungen)			
d_0	...	premer dotočnega dela	m
g	...	težnostni pospešek ($=9,81 \text{ m/s}^2$)	m/s^2
Fr_0	...	Froudovo število	/
l_{ue}	...	dolžina preliva	m
r_m	...	srednji radij krivine	m
r_u	...	iztočni radij	m
r_0	...	vtočni radij	m
s_0	...	višina preliva	m
Q_{ue}	...	pretok preko preliva	l/s
v_0	...	hitrost vodnega toka na dotoku	m/s
$\Delta h_{ue,0}$	...	sprememba višine zaradi toka v krivini	m

V nadaljevanju je podan kratek opis možnih ureditev:

• **ČELNI PRELIV (Senkrechte Anstroemung)**

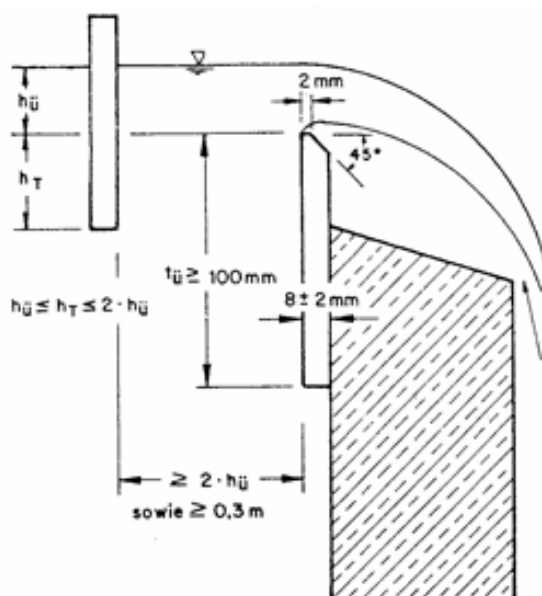
Te vrste prelivov se uporabljajo za razbremenjevanje dotoka ter odvod očiščene vode. Lahko so popolni ali nepopolni (izdelan vodni skok). Preliv se dimenzionira po naslednjih enačbah.

$$Q_{ue} = \frac{2}{3} \times \mu \times c \times l_{ue} \times \sqrt{2g} \times h_{ue}^{3/2} \quad (65)$$

$$c = \sqrt{1 - \left(\frac{h'}{h_{ue}} \right)^n} \quad (66)$$

Konstruktivske in računske predpostavke:

- μ ima za ostrorobe prelive vrednost 0,62, za vse ostale 0,50;
- n ima pri ostrorobih prelivih vrednost 2, pri ostalih 3, pri širokih pragovih pa 4;
- če imamo pred prelivom na oddaljenosti max ($2 \cdot h_{ue}$; 0,3 m) in potopljenosti pod vodno gladino $h_{ue} \leq h_t \leq 2 \cdot h_{ue}$ potopno steno, njenega vpliva ni treba upoštevati;
- preliv naj bo ožji od širine bazena vsaj za 0,1 m.



Slika 23: Shematični prikaz parametrov in dimenzij čelnega preliva (prečni prerez)

• **BOČNI PRELIV (Seitliche Anstroemung)**

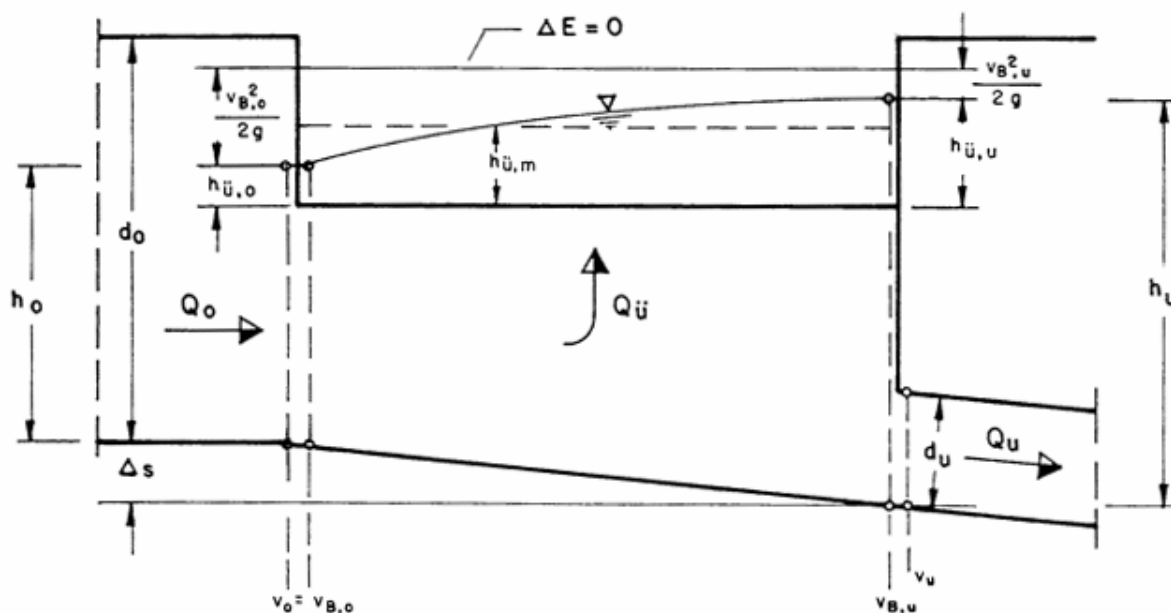
Uporablja se pri razbremenilnih padavinskega odtoka ter razdelilnih objektih. Prav tako kot čelni, so lahko tudi bočni preliivi popolni ali nepopolni. Lahko so eno- ali obojestranski. Pri maksimalnem dotoku na razdalji $20 \cdot d_0$ ali $20 \cdot H_0$ Froudovo število ne sme preseči vrednosti $Fr_0 = 0,75$. Pri srednjem pretoku (Q_m), naj Fr ne bi presegel vrednosti 0,7. Pri teh pogojih lahko tudi za bočni uporabimo enačbe za račun čelnega preliva. Hidravlične izgube vzdolž preliva ob poenostavljenem računu zanemarimo (enačba 70):

$$Q_{ue} = \frac{2}{3} \times \mu \times c \times l_{ue} \times \sqrt{2g} \times h_{ue,m}^{3/2} \quad (67)$$

$$h_{ue,m} = h_{ue,0} + \frac{2}{3} \times (h_{ue,u} - h_{ue,0}) \quad (68)$$

$$Fr_0 = A \times \frac{Q_0}{\sqrt{g \times d_0 \times h_0^4}} \quad (69)$$

$$h_0 + \frac{v_0^2}{2g} + \Delta s = h_u + \frac{v_{B,u}^2}{2g} \quad (70)$$



Slika 24: Shematični prikaz parametrov bočnega preliva (vzdolžni prerez pri mirnem toku)

Konstruktivske in računske predpostavke:

- koeficient A v enačbi 69 je odvisen od oblike dotočnega prereza: za pravokotni je 1, za jajčasti je 1,80, za ovalni pa 0,62;
- dolžina enostranskega preliva $l_{ue} = \min(3 \cdot d_0; 3 \cdot H_0)$;
- dolžina dvostranskega preliva $l_{ue} = \min(4 \cdot d_0; 4 \cdot H_0)$;
- minimalna višina preliva $s_{0,min} = \min(0,5 \cdot d_0; 0,5 \cdot H_0)$;
- maksimalna višina preliva $s_{0,max} = \max(0,8 \cdot d_0; 0,8 \cdot H_0)$;
- maksimalna višina prelivajoče se vode na dotoku
 $h_{ue,0} = \max([0,85 \cdot d_0 - s_0]; [0,85 \cdot H_0 - s_0])$;
- v primeru natančne hidravlične analize lahko zgoraj predpostavljene vrednosti prekoračimo. To so le priporočene vrednosti za enostavno računanje.

- **STRANSKI PRELIV V KRIVINI (Anstremung in Krüemmungen und von schraegen Ueberfaellen)**

Uporabno za razdelilne objekte. Ob poenostavitvi v dimenzioniranju uporabimo samo razliko v višini, ki nastane pri toku skozi krivino. Drugače pa je izračun enak kot pri bočnem prelivu. Edina pogoja sta: $r_m \geq 2 \cdot d_0$ in $Fr_0 \leq 0,75$.

$$Q_{ue} = \frac{2}{3} \times \mu \times c \times l_{ue} \times \sqrt{2g} \times (h_{ue} + \Delta h_{ue,0})^{3/2} \quad (71)$$

$$\Delta h_{ue,0} = \frac{2 \times d_0}{r_m} \times \frac{v_0^2}{2g} \quad (72)$$

$$r_m = \frac{1}{2} \times (r_0 + r_u) \quad (73)$$

Pri tem vlogo igra dotočni in itočni radij krivine, ki običajno nista enaka.

- **NAPRAVE ZA KONTROLIRAN ODTOK – DUŠILKE (Drosselorgane)**

Izdelamo jih tam, kjer želimo imeti kontroliran dotok na objekt ali iztok iz objekta. Nepogrešljive so v razbremenilnikih ter razdelilnih objektih.

Preglednica 28: V ATV-A 111 uporabljene oznake za dimenzioniranje odtoka pod tlakom

Oznaka		Opis	Enota
DUŠILKA			
d_u	...	premer dušilke	m
g	...	težnostni pospešek ($=9,81 \text{ m/s}^2$)	m/s^2
I_E	...	padec energijske črte vzdolž dušilke	/
$I_{s0,u}$	...	naklon dna dušilke	/
l_D	...	dolžina dušilke	m
m_D	...	koeficient iztoka iz dušilke ($=1,0$)	/
s_u	...	višina vodne gladine v objektu pred dušilko	m
Q_{krit}	...	kritični pretok	l/s
Q_u	...	iztok iz dušilke	l/s
v_u	...	hitrost vodnega toka	m/s
$\Delta h_{d,krit}$	...	energijska razlika med vtočnim in iztočnim delom	m
ζ_e	...	izgube na vtoku ($=0,45$)	/

Njihovo ustreznost potrdimo z naslednjimi enačbami.

$$Q_{krit} = \frac{\pi \times d_u^2}{4} \times v_u \quad (74)$$

$$\Delta h_{d,krit} = (\zeta_e + 1) \times \frac{v_u^2}{2g} + I_E \times l_D \quad (75)$$

$$\Delta h_{d,krit} = s_u + I_{s0,u} \times l_D - d_u \times m_D \quad (76)$$

Konstruktivske in računske predpostavke:

- premer dušilke mora biti pri prostem iztoku v mejah $d_{min} = 200 \text{ mm}$ in $d_{max} = 500 \text{ mm}$;
- dolžina dušilke v mejah $l_{D,min} = 20 \times d_u$ in $l_{D,max} = 100 \text{ m}$;
- razmerje l_D/d_u naj bo čim večje;
- maksimalni naklon dna $I_{s0,u,max} = 3,0 \text{ ‰}$;
- nominalni koeficient hrapavosti cevi $k_b = 0,25 \text{ mm}$;
- koeficient izgub na vtoku v dušilko $\zeta_e = 0,45$;
- koeficient iztoka iz dušilke pri nereguliranem iztoku (zasun ali zapornica) $m_D = 1$.

4.3.2.5 Objekti za ponikanje (Versickerungsanlagen) po DWA-A 138

Dokument velja za ponikanje *POV* z utrjenih in neutrjenih površin. Ne velja pa za projektiranje ponikovalnic na vodovarstvenih območjih. Ta del obsegata predpisa DVGW-W 101 in DVGW-W 102.

Za dobro ponikanje je treba vodo pred tem primerno mehansko, biološko in kemijsko očistiti (odvisno od onesnaženosti, vrste tal ter nivoja in ogroženosti podtalnice). Za projektiranje merodajni podatek ni sestava vode, ampak obremenjenost ceste (za $AC > 15.000$ EOV/dan). Za ponikanje je predpisano več sistemov: površinsko, ponikovalni bazeni, jaški, mulde, rigole. Za vsak sistem ter obremenjenost ceste je predpisana ustreznost *POV* za ponikanje. Tako predpis loči: sprejemljivo (neposredno ponikanje), delno sprejemljivo (treba delno predčiščenje), nesprejemljivo (se ne sme ponikati, ampak se mora očistiti na čistilni napravi) *POV*. Za primer AC je delno sprejemljivo ponikanje na odprtih ponikovalnih površinah z razmerjem prispevne površine (A_u) ter površine ponikovalnika (A_s) $A_u : A_s \leq 5$, v bazenih, muldah in rigolah, ki imajo to razmerje $5 < A_u : A_s \leq 15$ ter centralnih ponikovalnih bazenih z razmerjem $A_u : A_s > 15$.

Prepustnost zasičenih temeljnih tal je lahko zelo različna ($k_f = 10^{-2} - 10^{-10}$ m/s). Ker pa imamo opravka tudi z nezasičenimi tlemi, se k_f nekoliko reducira. Tako je karakteristični koeficient prepustnosti zemljine $k_{f,u} = k_f/2$ ($k_{f,u} = 10^{-3} - 10^{-6}$ m/s). Ponikovalnice se dimenzionirajo na srednji visoki nivo podtalnice. Minimalna razlika med dnom objekta ter nivojem podtalnice je lahko 1 m.

Preglednica 29: V DWA-A 138 uporabljene oznake za dimenzioniranje ponikovalnice

Oznaka		Opis	Enota
RAČUNANJE PROSTORNINE PONIKOVALNICE (Versickerungsanlagen)			
$A_{E,i}$	...	prispevna površina (utrjena, neutrjena)	m^2
A_s	...	površina ponikovalnika	m^2
A_u	...	neprepustna površina prispevnega območja	m^2
D	...	čas trajanja merodajnega naliva	min
f_A	...	faktor vpliva časa koncentracije ter odtoka preko dušilke	/
f_z	...	varnostni faktor	/
h_s	...	višinska razlika med dnom ponikovalnika ter podtalnico	m
l_{hy}	...	hidravlični gradient ponikujoče vode	/
k_f	...	koeficient prepustnosti zemljine	m/s
$k_{f,u}$	...	srednji koeficient prepustnosti zemljine	m/s

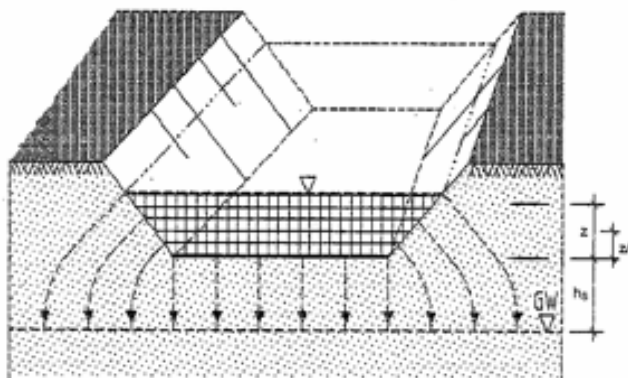
Se nadaljuje...

...nadaljevanje

n	...	pogostost naliva	/
Q_s	...	pretok ponorne vode	m^3/s
Q_{zu}	...	dotok na ponikovalnik	m^3/s
$r_{D,n}$	...	merodajni naliv z določenim trajanjem (D) in pogostostjo (n)	$l/s*ha$
$\psi_{m,i}$	...	koeficient odtoka	/

Konstruksijske predpostavke za ponikovalnice:

- za filtrni material v ponikovalnici uporabimo agregat, ki ima povprečno prepustnost okoli $k_b = 10^{-5}$ m/s. Filter ne sme vsebovati več kot 10 % glinenih delcev ali drugih veziv za boljšo odpornost gornjega sloja filtra. Prav tako mora biti količina organskih substanc (humus, kompost) omejena na 1 – 3 %. Mogoča je uporaba apna (ne gašenega) za boljšo čistilno sposobnost;
- ponikovalna sposobnost materiala naj bi bila $q_s \geq 2$ l/(s*ha);
- zgornji del filtra absorbira težke kovine, zato ga je treba ob normalnem delovanju vsakih 10 let zamenjati;
- račun zadrževalne prostornine iz vrednotimo po navodilih smernic ATV-DVWK-A 117 (opisane v točki 4.3.2.2). Tudi pogoji računa so enaki: $A_E \leq 200$ ha, $t_f \leq 15$ minut, $T_n \leq 10$ let;
- ponikovalnice se dimenzionirajo na povratno dobo naliva: manjše $T_n = 5$ let, večje $T_n = 10$ let;



Slika 25: Prikaz parametrov z in h_s

- hidravlični gradient lahko za manjše zajeze predpostavimo $I_{hy} = 1$. Za ostale primere pa ga iz vrednotimo po naslednjih enačbah (77a, kadar pri ponikanju sodelujejo tudi stene ali brežine ponikovalnika, 77b, kadar voda ponika samo skozi dno):

$$I_{hy} = \frac{h_s + z}{h_s + z/2} \quad (77a)$$

$$I_{hy} = \frac{h_s + z/2}{h_s} \quad (77b)$$

- koeficientu f_A poenostavljeno pripišemo vrednost $f_A = 1$, koeficientu f_z pa $f_z = 1,1$ ali $1,2$;
- čas izpraznitve zadrževalne prostornine ponikovalnice za naliv s povratno dobo $T_n = 1$ leto ne sme biti daljši od 24 ur.

Posplošeno so enačbe za računanje potrebne prostornine naslednje:

$$V = (Q_{zu} - Q_s) \times D \times 60 \times f_A \times f_z = (Q_{zu} - Q_s) \times D \times 60 \times f_z \quad (78)$$

$$Q_s = v_{f,u} \times A_s \quad (79)$$

$$v_{f,u} = k_{f,u} \times I_{hy} = \frac{k_f}{2} \times I_{hy} \quad (80)$$

$$Q_{zu} = 10^{-7} \times r_{D,n} \times A_u \quad (81)$$

$$A_u = \sum A_{E,i} \times \psi_{m,i} \quad (82)$$

Naprave za ponikanje, za katere je podan način dimenzioniranja v dokumentu:

- površinsko ponikanje - urejene ali neurejene naravne ali umetne depresije;
- ponikovalne mulde - mulde z urejenim prepustnim dnom;
- rigole in cevne rigole - pri slabi prepustnosti temeljnih tal podzemni sistem cevi;
- sistem mulda-rigola - pri nezadostnem ponikanju preko mulde, dodatno ponikanje preko rigole;
- ponikovalni jaški;
- ponikovalni bazeni.

Na kratko si oglejmo še naprave za ponikanje:

• POVRŠINSKO PONIKANJE (Flächenversickerung)

Ponikovalna sposobnost površine mora biti vsaj tolikšnja, kot je intenziteta naliva. Zato mora biti izpolnjen pogoj: $k_f \geq 2 \cdot r_{D,n} \cdot 10^{-7}$. Potrebno površino ponikanja določimo z naslednjo enačbo:

$$A_s = \frac{A_u}{\frac{k_f}{2} \times \frac{10^{-7}}{r_{D,n}} - 1} \quad (83)$$

• PONIKOVALNE MULDE (Muldenversickerung)

Gre za linijsko ponikanje. Kadar slaba prepustnost tal onemogoča površinsko ponikanje, se voda infiltrira preko muld. V njih se lahko voda zadržuje krajši čas - do 24 ur. Maksimalna globina vode v muldah je lahko 30 cm. Hidravlični gradient $I_{hy} = 1$. Potrebno površino A_s v naprej določimo. Odvisna je od sestave tal:

1. srednje fini in fini peski - $A_s = 0,10 \cdot A_u$,
2. glina, fini peski z glino - $A_s = 0,20 \cdot A_u$.

Ti vrednosti predstavljata srednjo vrednost površine mulde, saj je pri polni zapolnjenosti A_s večji, pri minimalni pa manjši.

$$V = \left[(A_u + A_s) \times 10^{-7} \times R_{D,n} - A_s \times \frac{k_f}{2} \right] \times D \times 60 \times f_z \quad (84)$$

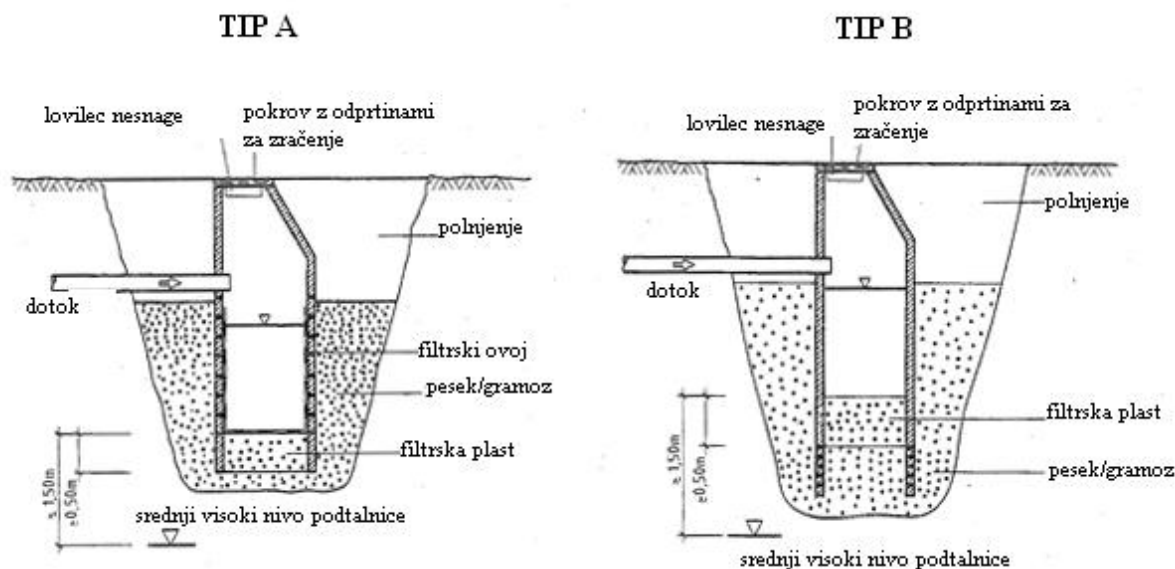
$$z_m = \frac{V}{A_s} \quad (85)$$

$$t_E = \frac{2 \times z_m}{k_f} < 24h \quad (86)$$

• PONIKOVALNI JAŠKI (Versickerungsschacht)

Za manjša prispevna območja lahko vodo ponikamo kar v prefabriciranih betonskih jaških DN > 1000 mm. Voda v podtalje pronica preko dna ter stene jaška. Kadar perforirana stena ni v filtrni plasti, imamo jašek tipa A, kadar pa je, imamo ponikovalni jašek tipa B. Pri jašku tipa A je priporočljivo vgraditi filtrsko tkanino. Za filtrsko plast se uporabljajo karbonatne

kamenine frakcije $d = 0,25 - 4,00$ mm. Koeficient prepustnosti te plasti mora biti $k_b \leq 10^{-3}$ m/s. Hidravlični padec predpostavimo $I_{hy} = 1$. Ponikovalno površino predstavlja dno jaška, ter polovica polnitve ($z/2$).



Slika 26: Shematični prikaz ponikovalnih jaškov (vzdolžni prerez)

Potrebne dimenzije dobimo iz enačb:

$$V = \left(A_u \times 10^{-7} \times r_{D,n} - A_s \times \frac{k_f}{2} \right) \times D \times 60 \times f_z = \pi \times \frac{d_i^2}{4} \times z \quad (87)$$

$$A_s = \pi \times \frac{d_a^2}{4} + \pi \times d_a \times \frac{z}{2} \quad (88)$$

$$z = \frac{\left(A_u \times 10^{-7} \times r_{D,n} - \frac{\pi \times d_a^2}{4} \times \frac{k_f}{2} \right)}{\frac{d_i^2 \times \pi}{4D \times 60 \times f_z} + \frac{d_a \times \pi \times k_f}{4}} \quad (89)$$

Da pri tipu jaška B filtrski material ni točka zastoja, mora ustrezati naslednjemu pogoju ($k_{f, \text{Filterschicht}} \leq 10^{-3}$ m/s je koeficient prepustnosti filtrske plasti v jašku, $k_{f, \text{Untergrund}}$ je koeficient prepustnosti temeljnih tal).

$$k_{f, Filterschicht} \geq \frac{d_a^2 + 2 \times z \times d_a}{d_i^2} \times k_{f, Untergrund} \quad (90)$$

• **PONIKOVALNI BAZEN (Versickerungsbecken)**

Za večja prispevna območja, kjer se odtok spelje na čistilno napravo, je ponikanje preko odprtih ponikovalnih bazenov primerna rešitev. Razmerje prispevne površine ter površine ponikovalnika naj bo $A_u : A_s \geq 15$. Koeficient prepustnosti tal mora biti vsaj $k_f \geq 10^{-5}$ m/s. Za večje objekte je primerno izvesti časovno simulacijo dotok-odtok. Bazen dimenzioniramo na povratno dobo $T_n = 10$ let. Za določitev infiltracijske sposobnosti (q_s) so za k_f predpisane okvirne vrednosti:

- $k_f = 10^{-4}$ m/s - $q_s = 10$ l/(s*ha)
- $k_f = 10^{-5}$ m/s - $q_s = 2$ l/(s*ha)

Za predpisane infiltracijske sposobnosti so v dokumentu predpisane tudi priporočene dolžine nalivov (D), za katere iz vrednotimo V . A_u je v tem primeru podan v [ha]:

$$V = (A_u \times 10^{-3} \times r_{D,n} - Q_s) \times D \times 60 \times f_z \quad (91)$$

$$Q_s = A_u \times q_s \quad (92)$$

Ko izvedemo izračun prostornine ter določimo dimenzije bazena, preverimo še, ali je zadoščeno pogoju o infiltracijski sposobnosti ($A_{Beckensohle}$ je površina filtra, $A_{Wasserspiegel}$ je površina vodne gladine pri maksimalnem vodostaju):

$$Q_{s,m} = \frac{Q_{s,min} + Q_{s,max}}{2} > Q_s \quad (93)$$

$$Q_{s,min} = A_{Beckensohle} \times \frac{k_f}{2} \quad (94a)$$

$$Q_{s,max} = A_{Wasserspiegel} \times \frac{k_f}{2} \quad (94b)$$

5 HIDRAVLIČNO DIMENZIONIRANJE OBJEKTOV ZA ČIŠČENJE POV

5.1 Predstavitev primera

Izbrana primera sta fiktivna. Tudi podatki o padavinah so fiktivni, povzeti so po primeru iz DWA-A 138 (str. 42). Primer je zelo poenostavljen. Predvsem nemški parametri, ki niso predpisani in so del kakšnih drugih predpisov, so približno ocenjeni. Prvi primer predstavlja daljši AC odsek, ker so po nemških smernicah priporočena večja območja odvodnjavanja in posledično večji objekti. Drugi primer ustreza slovenskim predpisom ter navodilom, ki priporočajo "odvodnjavanje na mestu", torej manjših površin, zato je podan primer za krajši AC odsek.

A. TEMELJNA TLA

Temeljna tla sestavlja 1,5 m debela srednje prepustna plast krovne zemljine s koeficientom prepustnosti $k = 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Med to plastjo ter kameninsko osnovo se nahaja 55 m debel vodonosni sloj (aluvialni ali medzrnski vodonosnik). Koeficient prepustnosti vodonosnega sloja je $k = 3,0 \cdot 10^{-4}$ m/s. Nivo podtalnice niha glede na letni čas ter padavine. Maksimalna višina je 4 m pod nivojem tal, minimalna pa 6,5 m pod nivojem tal.

B. PODNEBJE, PADAVINE

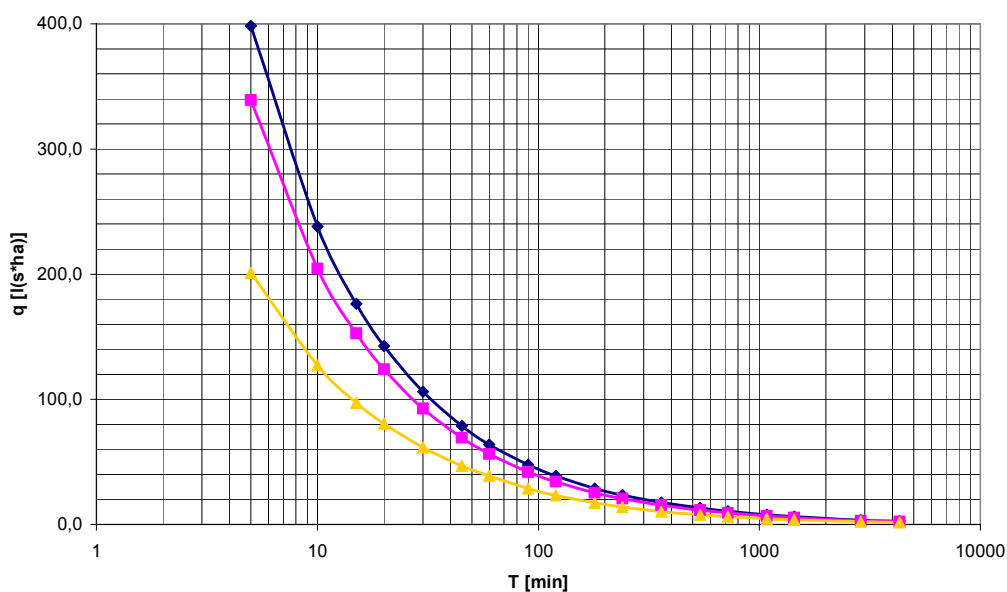
Zmerno kontinentalno podnebje s toplimi poletji in mrzlimi zimami. Temperature lahko pozimi pogosto padejo pod 0°C. Značilna so spomladanska in jesenska deževna obdobja. Poleti so pogoste plohe in nevihte. Pozimi običajno sneži. Povprečna letna količina padavin je 1500 mm. Padavine so neenakomerno porazdeljene skozi leto. Intenziteta merodajnih nalivov določene pogostosti ter trajanja (slovensko $q_{T(n)}$, nemško $\Gamma_{D(n)}$) so podane v preglednici 31 (podatki iz DWA-A 138). Pri tem je po *Pravilniku o projektiranju cest v Sloveniji* predpisan

naliv $q_{15(0,04)} = 350 \text{ l/(s*ha)}$. Opis ustreza večjemu delu slovenskega, kot tudi južnemu delu nemškega ozemlja.

Preglednica 30: Podatki o padavinah (iz primera v nemški smernici DWA-A 138)

Podatki o padavinah			
T	$q_{T(1)}$	$q_{T(0,2)}$	$q_{T(0,1)}$
D	$r_{D(1)}$	$r_{D(0,2)}$	$r_{D(0,1)}$
	$l/(s*ha)$	$l/(s*ha)$	$l/(s*ha)$
5 min	201,0	338,9	398,3
10 min	127,1	204,6	238,0
15 min	97,2	152,6	176,4
20 min	80,4	124,0	142,7
30 min	61,5	92,6	106,0
45 min	47,0	69,2	78,8
60 min	38,9	56,4	63,9
90 min	28,9	42,0	47,7
2 h	23,4	34,1	38,8
3 h	17,3	25,4	28,9
4 h	14,0	20,7	23,5
6 h	10,4	15,4	17,5
9 h	7,7	11,5	13,1
12 h	6,3	9,3	10,6
18 h	4,6	6,8	7,7
24 h	3,8	5,5	6,2
48 h	2,2	3,0	3,4
72 h	1,7	2,3	2,6

Podatki o padavinah



Graf 1: Grafični prikaz podatkov o padavinah v logaritmičnem merilu

C. AVTOCESTNI ODSEK

Računska obremenitev obravnavanega odseka je 30.000 EOVD/dan. Celotni odsek, ki se bo odvodnjaval v čistilni objekt je dolžine: primer 1 - 10 km, primer 2 - 3 km. Tipični prečni prerez odseka je TPP 27. Večji del odseka poteka po nasipu, ostali del v vkopu. Rahlo razgibana niveleta, z zmernimi zavoji ter horizontalnimi in vertikalnimi nakloni. Odvodnjavanje omogočajo prečni in vzdolžni nakloni, ki v večini primerov zadostujejo minimalnim pogojem. Odsek ne prečka vodotokov ali stoječih voda, tako da ureditev odvodnjavanje tujih voda razen drenaž, ni potrebna.

MERODAJNA POVRŠINA, PRIMER 1

Podatek	Količina	Enota
L=	10000	m
$\dot{S}_{utrjene} =$	21	m
$\dot{S}_{neutrjene} =$	6	m
$\psi_{utrjene} =$	0,9	
$\psi_{neutrjene} =$	0,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	$A_{utrjene}$	21,00	ha
	$A_{neutrjene}$	6,00	ha
	A	21,90	ha

MERODAJNA POVRŠINA, PRIMER 2

Podatek	Količina	Enota
L=	3000	m
$\dot{S}_{utrjene} =$	21	m
$\dot{S}_{neutrjene} =$	6	m
$\psi_{utrjene} =$	0,9	
$\psi_{neutrjene} =$	0,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	$A_{utrjene}$	6,30	ha
	$A_{neutrjene}$	1,80	ha
	A	6,57	ha

D. ODVODNJAVANJE

Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (UL RS št. 47/13.5.2005: 4734-4736), 4. členu, je za analizirano sestavo tal ter izračunano obremenitev treba urediti točkovno odvodnjavanje *POV* ter jo zajeti ločeno od zalednih voda, ki nastajajo na območju javne ceste. V skupni sistem se odvodnjavajo *POV* z utrjenih površin ter vmesnega pasu med obema voznima pasovoma. Vozišče se odvodnjava preko muld, ponekod pa po koritnicah ter nato kanalizacijskih ceveh. Požiralniki so na s projektom določeni

razdalji. Leva in desna stran avtoceste se odvodnjava ločeno, voda se nato zbere v zbiralnem jašku.

E. ČISTILNI OBJEKT

Po *Navodilih* je treba za analizirano sestavo tal predvideti, dimenzionirati ter zgraditi naslednje objekte:

- a. usedalnik z lovilcem olj,
- b. vodotesni zadrževalnik,
- c. grobi filter,
- d. počasni biološki filter s ponikovalnikom.

Za hidravlično dimenzioniranje po slovenskih priporočilih je bila uporabljen naslednja literatura: *Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije: Odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin; tretja - dopolnjena izdaja in Hidravlika, 1.ponatis (Steinman)*. Določene kontrole v *Navodilih* niso predpisane, podal sem jih sam.

Za hidravlično dimenzioniranje po nemških smernicah in priporočilih so bili uporabljeni: *ATV-A 166, ATV-DVWK-A 117, DWA-M 178, DWA-A 138*.

5.2 Preračuni in dimenzioniranje

Izračuni so bili izvedeni s programom Excel, pri čemer je bil za iterativne račune uporabljen pripomoček Excela, Solver. To je podprogram, ki na podlagi enačbe, v kateri je neznanka, ter rezultata enačbe določi neznanko. Kadar je enačba enostavna, je možno izračun narediti "na roke", kadar pa je enačba kompleksnejša, postane Solver zelo priročen. Prikazan način računanja ni nikjer predpisan ali standardiziran. Tudi ni del kakšnega programa ali podprograma. Kar je narejeno je produkt mojega dela. Za boljšo preglednost so preračuni ter izračunane dimenzije objektov po slovenskih in nemških predpisih ločeni. Za primerjavo z nemškimi smernicami so po slovenskih *Navodilih* izračuni tudi za padavine po preglednici 31, kljub temu da so predpisane vrednosti drugačne. Ob dimenzioniranju objektov po slovenskih

Navodilih, me je tudi zanimalo, kako na velikost objektov vplivajo različne variante karakterističnih nalivov (odvisne od povratne dobe) ter tehnike čiščenja in zadrževanja *POV*. Vsi trije primeri so v točki 5.3 natančneje opisani. Pri tem se za Slovenijo 1. in 2. varianta navezujeta na predpisani karakteristični naliv v *Pravilniku o projektiranju cest*, 3. varianta pa na podatke iz preglednice 31. Med 1. in 2. varianto pa je razlika v tem, kolikšen delež karakterističnega naliva se v zadrževalniku zadrži. Od tega pa so odvisne dimenzije objekta za grobi filter ter ponikovalnico.

Primer delavnega lista (Worksheet) v Excelu:

The screenshot shows the Excel Solver Parameters dialog box open over a worksheet. The dialog box is configured with the following settings:

- Nastavite ciljno celico:** \$G\$27
- Enako:** Maks Min Vrednost od: 7967
- S spremembo celic:** \$G\$28
- Predmet omejitev:** (Empty list)

The worksheet contains the following data tables:

Podatek	Količina	Enota	Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
Q=	0,0657	m3/s	40	A	184962	m2
ΔQ=	5,072	m3/s	41	Qpon	14,7970	m3/s
q=	0,1	m/h	Optimizacija			
k=	0,0001000	m/s		A	7000	m2
h=	2,5	m		L	102	m
u=	1,5	m		B	68	m
T1=	15	min		Vizr	7967	m3
T2=	14,4	h		V	7967	m3

Additional data from the Solver dialog and worksheet:

Enota	Value
m2	
m3/s	vredu
m2	
m	
m	
m3	
m3	
m	solver
h	vredu
m3/s	vredu

Slika 27: Primer delavnega lista iz programa Excel - dimenzioniranje objektov in kontrole

Ob opisu slike 27, so količine v okvirih na skrajnem levem robu, označene z naslovi (Podatek, Količina in Enota), podatki. Nekateri so bili povzeti po navodilih, smernicah, predpisih in

ostali literaturi, druge pa sem po lastni presoji izbral. Vrednosti, označene z vijolično barvo so karakteristični nalivi in pretoki, na katere sem objekte dimenzioniral. Preglednice desno ali pod preglednico s podatki, označene z naslovi (Enačba, Parameter, Vrednost in Enota), pa so izračuni ter kontrolne (dimenzioniranje), ki sem jih na podlagi podatkov izračunal. V preglednicah so napisane tudi številke enačb, s katerimi je bil račun izveden (oznake enačb v diplomi). Nekatere izračunane vrednosti predstavljajo dimenzije objektov ter delov objektov. Le te so debelo rdeče označene ter rumeno uokvirjene. Kjer je bilo potrebno izvesti kakšno kontrolo, je zraven izračunane količine tudi kontrolno okno, kjer je napisano, ali vrednost kontroli ustreza, ali ne (vredno/popravi; končno je tako vsem kontrolam zadoščeno, vendar je bilo v procesu dimenzioniranja potrebno velikokrat uvajati popravke). Kjer sem za iterativno računanje uporabil Solver, je to tudi napisano.

V slovenskih *Navodilih* je za usedalnik - lovilec olj predpisano, da hitrost vodnega toka skozi dušilko ne sme presegati 0,25 m/s. Konstrukcije dušilk ne poznam dovolj dobro, da bi sodil o tej zadevi, vendar temu pogoju v nobenem primeru ni bilo moč zadostiti. Tako da sem to kontrolo izpustil. Za računanje pretočne sposobnosti odtočnih ter razbremenilnih kanalov sem uporabil Manning-Stricklerjevo enačbo za stalni enakomerni tok. Ta predpostavka je zelo približna, ampak za določanje okvirnih dimenzij idejne zasnove zadošča. V celotnem hidravličnem izračunu so izgube zanemarljive. Tudi ta predpostavka je zelo netočna in ne kaže dejanskega stanja. Vsi izračuni ter skice so podani v prilogah.

5.3 Primerjava dobljenih rezultatov

Rezultati, predstavljeni po potrebni površini in prostornini objektov, so prikazani v spodnjih preglednicah. Pri tem so za Slovenijo preračunani 3 primeri:

1. za karakteristični naliv izberemo v *Pravilniku o projektiranju cest* predpisan naliv ($q_{15(0,04)} = 350 \text{ l/(s*ha)}$) in pri tem vso vodo zadržimo v zadrževalniku, ter jo preko dušilke kontrolirano odvajamo naprej na grobi filter ter počasni biološki filter;
2. za karakteristični naliv izberemo v *Pravilniku o projektiranju cest* predpisan naliv ($q_{15(0,04)} = 350 \text{ l/(s*ha)}$), pri tem v zadrževalniku zadržimo le del vode (15 minutni

naliv s povratno dobo 1 leta - po *Navodilih*), ostalo pa preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico;

- za karakteristični naliv izberemo naliv iz preglednice 31, v zadrževalniku zadržimo le del vode (15 minutni naliv s povratno dobo 1 leta), ostalo pa preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico.

V preglednici 32 je prikazano, po katerih prilogah so povzeti rezultati.

Preglednica 31: Prikaz, po katerih prilogah so povzeti rezultati

Objekt	Slovenija		
	q [l/s*ha]		po tabeli q [l/s*ha]
	350	350	
Usedalnik - lovilec olj	priloga 1 in 9-varianta 1	priloga 1 in 9-varianta 1	priloga 1 in 9-varianta 2
Filtracijski bazen	/	/	/
Zadrževalnik	priloga 2 in 10-varianta 3	priloga 2 in 10-varianta 1	priloga 2 in 10-varianta 2
Grobi filter	priloga 3 in 11-varianta 2	priloga 3 in 11-varianta 1	priloga 3 in 11-varianta 1
Ponikovalnik	priloga 4 in 12-varianta 2	priloga 4 in 12-varianta 1a	priloga 4 in 12-varianta 1b

Objekt	Nemčija
	po tabeli q [l/s*ha]
Usedalnik - lovilec olj	priloga 5 in 13
Filtracijski bazen	priloga 7 in 15
Zadrževalnik	priloga 6 in 14
Grobi filter	/
Ponikovalnik	priloga 8 in 16-varianta 2

V spodnjih preglednicah ter še nižje v grafih pa so podani rezultati ter primerjave izračunov:

Preglednica 32: Površina in volumen objektov za čiščenje *POV* po slovenskih predpisih (primer 1)

Objekt	Slovenija					
	q [l/s*ha]				po tabeli q [l/s*ha]	
	350		350			
	A [m ²]	V [m ³]	A [m ²]	V [m ³]	A [m ²]	V [m ³]
Usedalnik - lovilec olj	142	590	142	590	142	590
Filtracijski bazen	/	/	/	/	/	/
Zadrževalnik	2646	6767	800	2290	648	1872
Grobi filter	670	3285	566	1643	566	1643
Ponikovalnik	3000	3713	7000	7967	6700	6252
skupaj	6458	14355	8508	12489	8056	10356

Preglednica 33: Površina in prostornina objektov za čiščenje *POV* po nemških predpisih (primer 1)

Objekt	Nemčija	
	po tabeli q [l/s*ha]	
	A [m ²]	V [m ³]
Usedalnik - lovilec olj	118	243
Filtracijski bazen	400	226
Zadrževalnik	1800	6329
Grobi filter	/	/
Ponikovalnik	2400	2591
skupaj	4718	9389

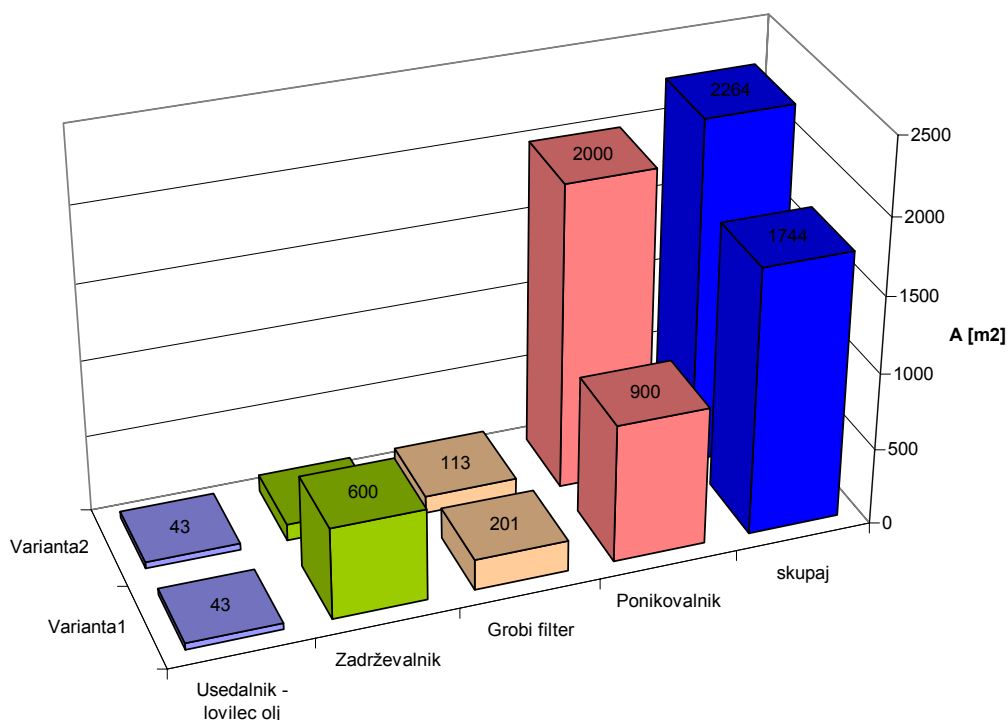
Preglednica 34: Površina in prostornina objektov za čiščenje *POV* po slovenskih predpisih (primer 2)

Objekt	Slovenija					
	q [l/s*ha]				po tabeli q [l/s*ha]	
	350		350			
	A [m ²]	V [m ³]	A [m ²]	V [m ³]	A [m ²]	V [m ³]
Usedalnik - lovilec olj	43	168	43	168	43	168
Filtracijski bazen	/	/	/	/	/	/
Zadrževalnik	600	2030	108	687	128	562
Grobi filter	201	986	113	329	113	329
Ponikovalnik	900	1114	2000	2400	2000	1885
skupaj	1744	4297	2264	3583	2284	2943

Preglednica 35: Površina in prostornina objektov za čiščenje *POV* po nemških predpisih (primer 2)

Objekt	Nemčija	
	po tabeli q [l/s*ha]	
	A [m ²]	V [m ³]
Usedalnik - lovilec olj	116	238
Filtracijski bazen	100	37
Zadrževalnik	392	1895
Grobi filter	/	/
Ponikovalnik	722	777
skupaj	1330	2948

Če se kot primerjalni parameter vzame potrebna površina (A) in prostornina (V) objektov, lahko rečemo, da pri enakih pogojih nemški predpisi dajejo kot rezultat manjšo potrebno površino objektov, kljub temu da je potrebna prostornina skoraj povsem enak (primerjava vrednosti v preglednicah 33 in 35, stolpca 6 in 7 in preglednicah 34 in 36, stolpca 2 in 3 ter graf 2 in 3 ter 4 in 5).

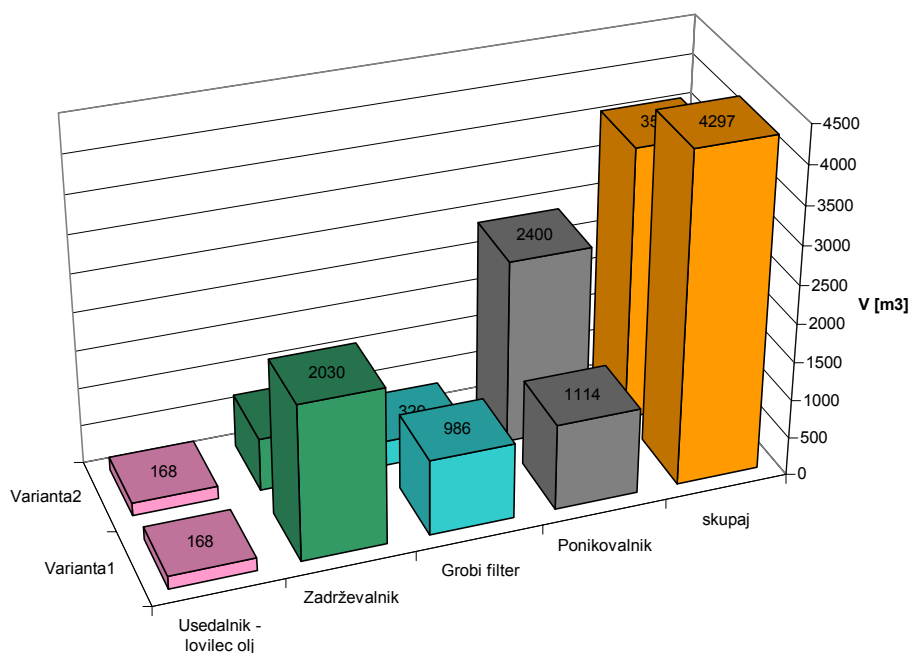


Graf 2: Primerjave površin objektov za 3 km dolg odsek AC (primer 2) po variantah 1 in 2 slovenskih Navodil

Iz preračunov, v katerih upoštevamo:

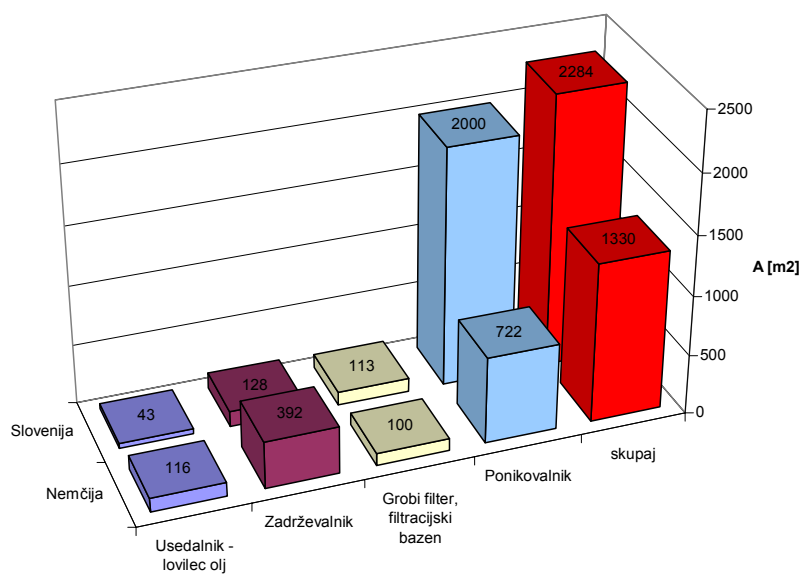
1. v enem primeru, da se v zadrževalniku zadrži vsa dotekla voda, ki se nato preko dušilke nadalje kontrolirano odvaja na grobi filter ter zatem na počasni biološki filter (preglednica 33 in 35, 2. in 3. stolpec) in
2. v drugem primeru, v katerem se v zadrževalniku zadrži le relativni del padavin, količina padavine s povratno dobo > 1 leto pa se preko visokovodnega preliva ter preliva na objektu grobega filtra odvede direktno na počasni biološki filter (preglednica 33 in 35, 4. in 5. stolpec),

je razvidno, da je potrebna površina v 1., kljub večji prostornini (predvsem zadrževalnika), za skoraj 25% manjša kot v 2. primeru. Tako je bolj ekonomično graditi zadrževalne bazene, ki so konstrukcijsko in izvedbeno dosti enostavnejši, kot velike ponikovalnice ter manjše zadrževalne bazene.



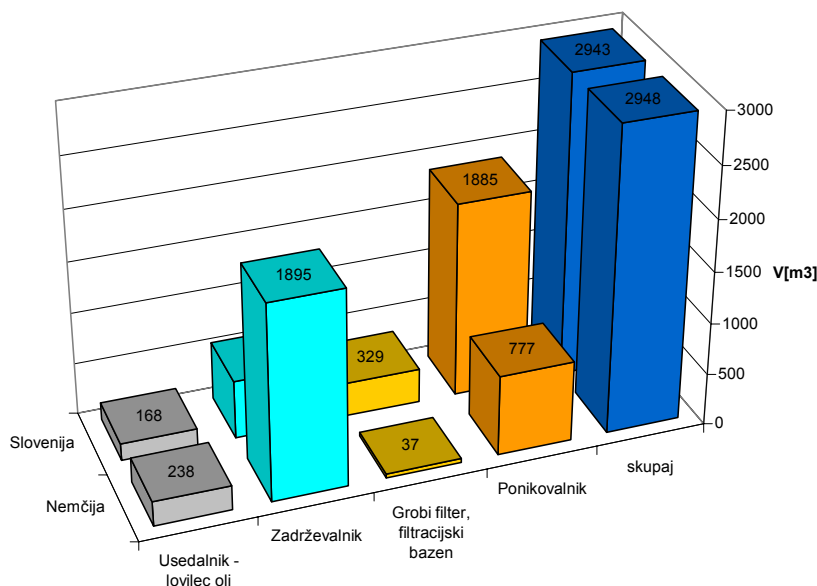
Graf 3: Primerjava prostornin objektov za 3 km dolg odsek AC (primer 2) po variantah 1 in 2 slovenskih Navodil

Nemški predpisi zaradi učinkovitosti objekta ne dovoljujejo manjših usedalnikov-lovilcev olj (čistilnih bazenov), zato je v primeru krajšega odseka avtoceste (3 km) objekt toliko zmanjšan, da zadosti minimalnim pogojem. Vendar kljub temu njegova površina skoraj 2x presega površino enakega objekta dimenzioniranega po slovenskih *Navodilih*, v katerih spodnje meje niso predpisane.



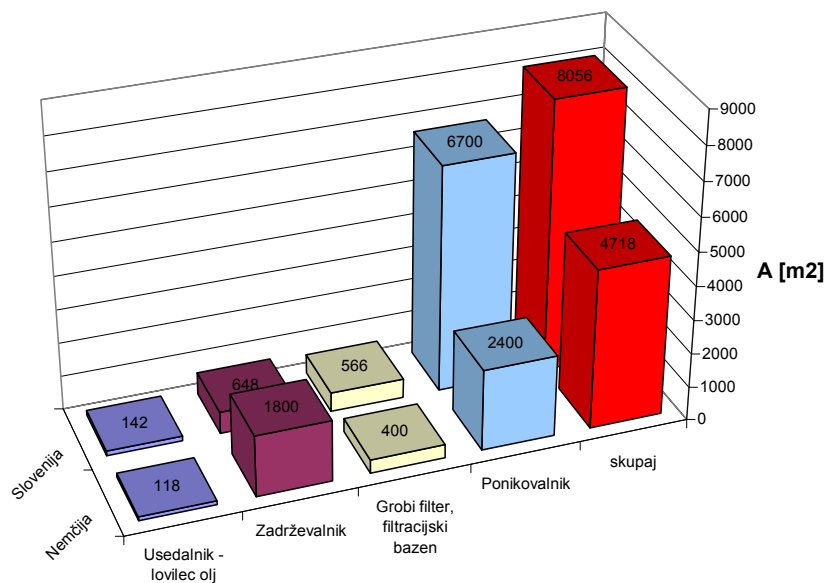
Graf 4: Površine objektov za 3 km dolg odsek AC (primer 2) – primerjava Slovenija/Nemčija

Grobi filter (po slovenskih predpisih) ter filtracijski bazen (po nemških predpisih) naj bi opravljala približno enaki funkciji - dodatno čiščenje *POV*. Vendar je po nemških smernicah potrebna prostornina ter površina filtracijskega bazena brez upoštevanja filtra ($A_{\text{primer 1}} = 400 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 226 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 100 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 37 \text{ m}^3$) dosti manjša od podobnega grobega filtra ($A_{\text{primer 1}} = 566 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 1643 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 113 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 329 \text{ m}^3$). Primerjava zaradi različnih konstrukcij morda ni povsem na mestu, vendar bi stroškovna analiza definitivno pokazala primernost filtracijskega bazena.



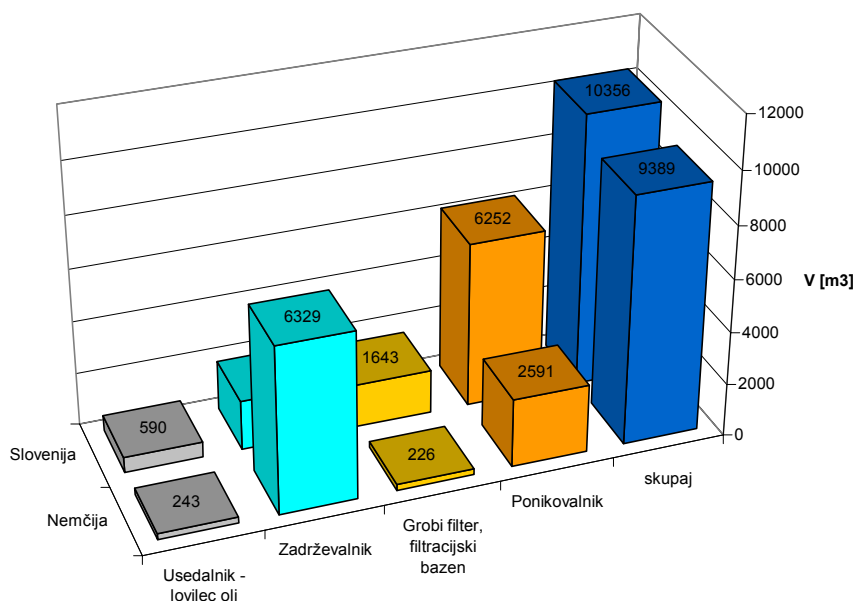
Graf 5: Prostornine objektov za 3 km dolg odsek AC (primer 2) – primerjava Slovenija/Nemčija

Velikost zadrževalnika je po nemških ($A_{\text{primer 1}} = 1800 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 6329 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 392 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 1895 \text{ m}^3$) predpisih večja kot po naših ($A_{\text{primer 1}} = 648 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 1872 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 128 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 562 \text{ m}^3$). Prav tako je večja tudi prostornina. Razlika nastane zaradi pogostosti in dolžine trajanja naliva, na katerega se zadrževalnik po nemških predpisih dimenzionira. Vse pa seveda zavisi od projekta, tako da ni možno enostransko reči, da so v tem primeru katerikoli predpisi boljši ali slabši. Prednost pa je, da v nemških upoštevamo različne dolžine trajanja naliva, ter na tej osnovi določimo največjo prostornino objekta.



Graf 6: Površine objektov za 10 km dolg odsek AC (primer 1) – primerjava Slovenija/Nemčija

Prav velikost zadrževalnika pa narekuje tudi velikost ponikovalnika, ki je po slovenskih *Navodilih* večji ($A_{\text{primer 1}} = 6700 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 6252 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 2000 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 1885 \text{ m}^3$), saj je zadrževalna prostornina zadrževalnika manjši. Ta prostornina mora nadomestiti zadrževalno prostornino ponikovalnika. Nasprotno po nemških predpisih ponikovalniki ne potrebujejo velike zadrževalne prostornine ($A_{\text{primer 1}} = 2400 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 1}} = 2591 \text{ m}^3$, ter $A_{\text{primer 2}} = 722 \text{ m}^2$, $V_{\text{primer 2}} = 777 \text{ m}^3$).



Graf 7: Prostornine objektov za 10 km dolg odsek AC (primer 1) – primerjava Slovenija/Nemčija

6 ZAKLJUČEK

V Sloveniji imamo na celotni avtocestni mreži zgrajenih okoli 600 čistilnih ter zadrževalnih objektov v zemeljski ali betonski izvedbi. Več študij (Kogovšek, 1996; Pintar, Ajdič, 1998; Kompare et al., 2001; Mav, 2004), je pokazalo neprimernost ter nefunkcionalnost teh objektov. Predvsem iz usedalnikov - lovilcev olj (ki so primarni objekti za čiščenje *POV*) zaradi ponovnega dviga že usedlih suspendiranih snovi, iz objekta odteka tako onesnažena voda, kot je v objekt priteka. Primeri havarij, za katere so objekti primarno namenjeni, pa do sedaj na *AC* še niso bili zabeleženih (na srečo ali nesrečo). Ne samo, da je bilo za gradnjo teh objektov porabljenega veliko proračunskega denarja, tudi letno se za vzdrževanje in monitoring porabijo milijoni tolarjev.

Ker ni bilo na razpolago dovolj konkretnih podatkov iz diplomske naloge ni možno sklepati, katere smernice in navodila so za hidravlično dimenzioniranje objektov za čiščenje *POV* boljša. Izračunane površine in prostornine niso toliko merodajni, kolikor je pomembna izvedba detajlov - vtokov, prelivov, podslapja, potopnih sten, sifonov, usedalnih komor, pragov, dušilk,.... Samo ti elementi nam dajejo konkretnjšo hidravlično sliko objekta, ter posledično njegovo funkcionalnost. Zato pa so potrebne modelne raziskave na realnih ali pomanjšanih modelih ter primerjava s hidravličnimi izračuni. Prostornine in površine so bolj rezultat javnega konsenza glede zaščite recipienta in okolja ter potencialne izrabe zadržane vode.

V *Navodilih* so za objekte predpisane enačbe, kako izračunati prostornino ali površino kakšnega objekta. Predpisano je tudi, kako morajo biti zgrajeni filtri (grobi filter, počasni biološki filter), ali kakšne so okvirne dimenzije nekaterih delov objektov (usedalnika - lovilca olj). V *Navodilih* ni navedeno, na katero literaturo se dokument nanaša, ali katera je priporočena literatura za dodatna pojasnila ali pomoč pri dimenzioniranju. Enačbe so v *Navodilih* nekoliko prezakomplicirane, tako da sem jih v diplomskem delu malo poenostavil. Še posebej na mestih, kjer je vključena Reinholdova enačba. Da o formuli za izračun prostornine zadrževalnika s precejalnikom sploh ne govorim. Iz nje niti ne morem razbrati, kakšno je povezava dotok/iztok/prostornina v tej enačbi. Mislim, da je to za projektante zelo moteče ter povzroča zmedo in nejasnosti (ob zelo hitrem pregledu projekta, ki je bil narejen

za usedalnike – lovilce olj ter zadrževalnike na priključku avtoceste A1, Celje vzhod-Ljubečna, sem videl, da so bile enačbe dosledno upoštevane. Pri tem pa je bila velika zmeda pri izračunu celotne prostornine ter površine, o detajlih pa zelo malo govora) Tudi oznake v tem dokumentu niso dobro označene. Morda bi jih bilo smotrno poenotiti in poenostaviti. Tako je projektant prepuščen lastni presoji, kaj je najboljše in katere elemente bo v objekt vgradil, da bo le ta najboljše deloval. Literature je na to temo v drugih jezikih zadosti, vendar ne moremo presoditi, ali je tudi kompatibilna z našimi predpisi in ali se da za naše razmere uporabiti. Verjetno je ravno v tem problem, saj projektanti ob takšnih specifičnih objektih ne poznajo najboljše hidravlike in celotne hidravlične slike objektov in tako projektirajo neučinkovite objekte. Deloma so zato krivi tudi predpisi. Velikokrat (Maleiner 2006) se projektanti tako zatekajo k nemškim smernicam ATV, DVWK, DWA ali DIN standardom,... ki jih pripravljajo različni nemški inštituti, specializirani samo za ozka področja. Njihova dolga tradicija ter laboratorijske preiskave so pripeljale do izvedbe raziskovalnih projektov in povezovanja v skupine, združenja ter posledično do smernic in pravil, ki sistematično urejajo specifična področja. Produkt tega dela so ATV, DWA in DVWK smernice. Oznake v teh dokumentih so poenotene, smernice med seboj povezane in se druga na drugo nanašajo. V njih so natančno predpisani pogoji, za katere enačbe, priporočila in izračuni veljajo. Če v nekem dokumentu kakšen del objekta ni predpisan ali predstavljen, je že v samem tekstu ter na koncu podano, na kateri drugi dokument se lahko obrnemo. Na koncu vsake smernice pa so za lažjo interpretacijo dokumenta podani primeri. Pred tem lahko še najdemo seznam vse literature, ki je bila uporabljena za izdelavo smernic. Vse enačbe in preračuni se nanašajo na DIN standarde, tako da je dimenzioniranje preglednejše in v skladu s predpisi. Sicer je za dimenzioniranje posameznega objekta na voljo dokument, ki je po obsegu primerljiv z *Navodili*, vendar smo ob doslednem upoštevanju tega in ostalih dokumentov vedno na varni strani, ter s tem dimenzioniramo funkcionalne ter ekonomične objekte.

Namen tega diplomskega dela ni kritiziranje slovenskih *Navodil*, ampak predvsem primerjava z nemškimi. Ne iz izračunov, ampak iz preprostega pregleda literature se opazi, da je delo z nemško literaturo (ob poznavanju nemškega jezika seveda) enostavnejše in preglednejše. Verjetno bi ob tako dolgi tradiciji dela na tem področju, množici raziskav ter denarja, ki ga Nemčija vlaga na tem področju, tudi Slovenija lahko imela tako sistematična navodila. Ena od možnosti je, da se nemške ali kakšne druge smernice prevzamemo in deloma morda prilagodimo na slovenske razmere. Druga možnost pa so lastne hidravlične raziskave, ter

priprava navodil, ki bodo projektantom v oporo in pomoč, tako da bodo enostavna, razumljiva ter funkcionalna. Pri tem pa tudi kakšen primer za lažje razumevanje ne bi bil odveč.

7 PRILOGE

Priloga 1: Usedalnik - lovilec olj po slovenskih *Navodilih* (primer 1)

Priloga 2: Zadrževalnik po slovenskih *Navodilih* (primer 1)

Priloga 3: Grobi filter po slovenskih *Navodilih* (primer 1)

Priloga 4: Počasni biološki filter - ponikovalnik po slovenskih *Navodilih* (primer 1)

Priloga 5: Usedalnik - lovilec olj po nemških smernicah (primer 1)

Priloga 6: Talni filter po nemških smernicah (primer 1)

Priloga 7: Zadrževalnik po nemških smernicah (primer 1)

Priloga 8: Ponikovalnik po nemških smernicah (primer 1)

Priloga 9: Usedalnik - lovilec olj po slovenskih *Navodilih* (primer 2)

Priloga 10: Zadrževalnik po slovenskih *Navodilih* (primer 2)

Priloga 11: Grobi filter po slovenskih *Navodilih* (primer 2)

Priloga 12: Počasni biološki filter - ponikovalnik po slovenskih *Navodilih* (primer 2)

Priloga 13: Usedalnik - lovilec olj po nemških smernicah (primer 2)

Priloga 14: Talni filter po nemških smernicah (primer 2)

Priloga 15: Zadrževalnik po nemških smernicah (primer 2)

Priloga 16: Ponikovalnik po nemških smernicah (primer 2)

Priloga 17: Tloris in prerez D-D usedalnika - lovilca olj M 1:100 (primer 2)

Priloga 18: Prerez A-A in prerez C-C usedalnika - lovilca olj M 1:100 (primer 2)

Priloga 19: Prerez B-B usedalnika - lovilca olj M 1:100 (primer 2)

Priloga 20: Tloris in prerez A-A zadrževalnika M 1:200 (primer 2)

Priloga 21: Tloris grobega filtra s prelivom M 1:100 (primer 2)

Priloga 22: Prerez A-A grobega filtra s prelivom M 1:100 (primer 2)

Priloga 23: Prerez B-B in C-C grobega filtra s prelivom M 1:100 (primer 2)

Priloga 24: Tloris počasnega biološkega filtra M 1:300 (primer 2)

Priloga 25: Prerez A-A počasnega biološkega filtra M 1:300 (primer 2)

Priloga 24: Prerez B-B (karakteristični prerez) počasnega biološkega filtra M 1:50 (primer 2)

VIRI

Monografske publikacije

Bucksch, H. 1968. Wörterbuch für Bautechnik und Baumaschinen, Deutsch-English. = Dictionary of civil engineering and construction machinery and equipment, German-English. Wiesbaden, Bauverlag GmbH: 1180 str.

Edel, R. 2000. Odwodnienie dróg. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności: str. 67-104, 147-205.

Edel, R., Suligowski, Z. 2004. Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Gdańsk, Politehnica Gdańska, Wydział budownictwa wodnego i inżynierii środowiska: 73 f.

Mav, G. 2004. Optimizacija delovanja betonskega zadrževalnika in usedalnika z 2D meritvami in modelno hidravlično raziskavo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 86 f.

Rismal, M., Hauck, J. ? Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije: odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin, tretja - dopolnjena izdaja. Ljubljana, DARS.

Rismal, M., Saje-Rejc, M., Šmid, F., "et al.". 1995. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije: odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin. Ljubljana, DARS.

Steinman, F. 1999. Hidravlika, 1.ponatis. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Wolf, P. 2000. Straßen Planung, 6.Auflage. Düsseldorf, Werner Verlag.

Žmavc, J (Ur.). 1989. Popis del in posebni tehnični pogoji za odvodnjavanje, knjiga 5. Ljubljana, Skupnost za ceste Slovenije, Cestni inženiring Ljubljana.

UL, FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko. 2004. Razvojno raziskovalna naloga: Optimizacija delovanja tipskega betonskega zadrževalnika na AC z 2D modelnimi meritvami, končno poročilo. Ljubljana. DARS.

Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS, Teil: Entwässerung. Ausgabe 1987. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.

Članki in sestavki

Borko, L., Kompare, B. 2002. Pregled predpisov in prakse zaščite okolja pri odvodnji avtocest v Sloveniji. V:6. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 23.-25. oktober 2002: str. 110-118.

Brenčič, M., Prestor, J. 2000. Vloga in pomen hidrogeološke ocene na izbiro sistemov za odvodnjavanje. V:Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin" -MEGRA. Gornja Radgona, 12.4.2000: str. 15-22.

Bulc, T. 1996. Čiščenje odpadnih voda s cestišč z rastlinskimi čistilnimi napravami. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 73-78.

Bulc, T. 1998. Rastlinska čistilna naprava kot zaščita okolja pred vplivi avtocest. V:4.slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 26.-28. oktober 1998: str. 268-272.

Bulc, T., Vrhovšek, D., Kompare, B. 2002. Delovanje rastlinskega filtra za čiščenje padavinskega odtoka na avtocestnem odseku Arja vas - Celje. V:6. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 23.-25. oktober 2002: str. 119-125.

Haller, T. 1996. Uporaba hidravličnih modelnih raziskav pri oblikovanju objektov za odvodnjavanje z avtocest in monitoring njihovega delovanja. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 67-72.

Hauck, J. 1996. Zaščita naravnega okolja ob avtocestah zaradi odvodnje onesnažene meteorne vode s škodljivimi snovmi iz avtocestnih površin. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 61-65.

Hauck, J. 2000. Zagotavljanje kvalitetne izvedbe hidrotehničnih objektov v vlogi ohranjanja in varovanja okolja. V:Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin" -MEGRA. Gornja Radgona, 12.4.2000: str. 32-34.

Kogovšek, J. 1996. Sestava vode, ki odteka z avtoceste in njeno ogrožanje kraške vode. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 45-50.

Kompare, B. 1996. Ugotovitev merodajnih padavin za dimenzioniranje padavinske odvodnje avtocest. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 15-22.

Kompare, B., Atanasova, N., Babič, R., "et al." 2002. Odvodnjavanje avtocest in zaščita voda: analiza delovanja čistilnega objekta na krasu. V:6. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 23.-25. oktober 2002: str. 93-102.

Krajnc, U., Blažeka, Ž. 2000. Kanalizacija ter objekti za čiščenje padavinskih odpadnih voda z avtocest. V:Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin" -MEGRA. Gornja Radgona, 12.4.2000: str. 35-40.

Leskovšek, H., Milačič, R., Vrišer, B., Franko, M. 1996. Vpliv prometa na onesnaževanje okolja. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 163-168

Lipar, P. 1998. Evropska in slovenska prometna politika. V:4.slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 26.-28. oktober 1998: str. 40-45.

Maleiner, F. 2005. Razbremenjevanje padavinskih odtokov po nemških ATV smernicah. Gradbeni vestnik. 54, 7: 155-161.

Maleiner, F. 2006. Dimenzioniranje kanalizacijskih razbremenilnih naprav po nemških ATV smernicah (2). Gradbeni vestnik. 55, 2: 30-37.

Marinček, M. 1996. Avtoceste in vodni prostor. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 7-14.

Panjan, J. 1996. Odvodnjavanje padavinskih vod v zaprtih sistemih in funkcije zadrževalnih bazenov. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 51-59.

Petrešin, E., Rep, S., Rep, K. 2000. Skladnost sistemov za odvodnjavanje in njihov vpliv na izdelavo projektov. V:Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin" -MEGRA. Gornja Radgona, 12.4.2000: str. 41-48.

Pintar, M., Ajdič, M., Leskovšek, H. 1998. Kemizem padavinske vode z avtoceste pri Divači in v Vipavski dolini. V:4.slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 26.-28. oktober 1998: str. 259-267.

Radakovič, M., Marušič, J., Juvanc, A. 2006. Načrtovanje cestne povezave upoštevanje ranljivosti okolja. Gradbeni vestnik. 55, 3: 63-72.

Rismal, M. 1996. Avtoceste in zaščita voda. V:Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 31-44.

Rodič, P. 1998. Ureditev ponikovalnice pri zadrževalnočistilnih objektih na avtocesti Čebulovica-Divača-Dane. V:4.slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 26.-28. oktober 1998: str. 273-278.

Steinman, F. 1996. Vodnogospodarski vidik pri gradnji prometnic. V: Voda in ceste - zbornik strokovnega posvetovanja. Novo mesto, 10. maj 1996. Slovensko društvo za hidravlične raziskave in DRC: str. 1-5.

Stergar, B. 2002. Pravilnik o projektiranju javnih cest in njihovih elementov. V: 6. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 23.-25. oktober 2002: str. 325-340.

Traunšek, S. 1998. Ceste kot posegi v prostor - zakonodaja in praksa. V: 4. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 26.-28. oktober 1998: str. 24-32.

Vidic, T., Ficko, G. 2004. Resolucija o Nacionalnem programu izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji, Analiza izvajanja 1994-2002, Nadaljevanje izvajanja 2003-2013. V: 7. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 20.-22. oktober 2004: str. 19-34.

Vodopivec, V. 2002. Redno odvodnjavanje in kvaliteta tamponov. V: 6. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož, 23.-25. oktober 2002: str. 326-329.

Zupančič, M., Bulc, T. 2000. Vloga in pomen različnih tipov zadrževalnikov in ponikovalnic pri zaščiti okolja in sestava vode, ki odteka iz naših cest. V: Strokovno srečanje "Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje vozniških površin" -MEGRA. Gornja Radgona, 12.4.2000: str. 57-64.

Pravilniki in zakoni

Pravilnik o projektiranju cest. UL RS št. 91/14.10.2005:9303

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. UL RS št. 47/13.5.2005: 4737-4749

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest. UL RS št. 47/13.5.2005: 4734-4736

Zakon o javnih cestah. UL RS št. 29/23.5.1997: 2553

Smernice in standardi

ATV-A 111. 1994. Richtlinien für hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

ATV-A 112. 1998. Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserkanälen und -leitungen. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

ATV-A 128. Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. 1992. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

ATV-A 166. Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. 1999. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

ATV-DVWK-A 117. 2001 Bemessung von Regenrückhalträumen. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

ATV-DVWK-M 176. Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. 2001. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

DWA-A 138. 2005. Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagwasser. DWA-Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

DWA-M 178. 2005. Empfehlung für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. DWA-Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Internetne strani

http://de.wikipedia.org/wiki/Bundesautobahn_7 (06.07.2006)

http://interweb1.hmulv.hessen.de/imperia/md/content/internet/pdfs/umwelt/wasser/gewaesserschutz/progr_art_7_ag6_3_feb03.pdf (21.9.2006)

http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/podnebje/karte/karta4028.html (05.07.2006)

http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/podnebje/pad_vis.pdf (05.07.2006)

http://www.bmvbs.de/Verkehr/-_1430/Strasse.htm (06.07.2006)

<http://www.business-in-poland.com/11.html> (02.07.2006)

<http://www.dars.si/index.php?id=134> (05.07.2006)

<http://www.dars.si/index.php?maps=2> (05.07.2006)

<http://www.destatis.de/basis/d/verk/verktab1.php> - nemški statistični urad (06.07.2006)

<http://www.hydroskript.de/html/index.html?page=/html/hykp0406.html> (05.07.2006)

http://www.icid.org/i_d_poland.pdf (04.07.2006)

http://www.motobroker.pl/encyklopedia/encyklopedia_artykuly.asp?IDartykul=4 (30.06.2006)

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=199729&stevilka=1642> (05.08.2006)

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200591&stevilka=3896> (05.08.2006)

sl.wikipedia.org/wiki/Poljska (07.07.2006)

www.gddkia.gov.pl (07.07.2006)

www.mi.gov.pl (07.07.2006)

www.mos.gov.pl (07.07.2006)

Priloga 1: Usedalnik - lovilec olj po slovenskih Navodilih (primer 1)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q

Podatek	Količina	Enota
qkrit=	15	l/s*ha
q15(0,04)=	350	l/s*ha
Δe=	0,5	m
Fxy=	3	/
vu=	10	m/h
τd=	0,05	/
F=	1,2	/
Tzadrž=	15	min
Volje=	20	m3
c=	2	m
d=	1	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s2
μ=	0,6	/
π=	3,1415927	/
b=	1,5	m
Δh1=	0,02	m
α=	1	/
d1=	0,09	m
Tpraz=	4	h

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
12	Qkrit	0,329	m3/s
13	Qkrit,max	0,394	m3/s
14	QD	7,67	m3/s
15	ΔQR	7,27	m3/s
18	Hzadr	2,5	m
20	X	20,6	m
21	Y	6,9	m
22	h3	0,1	m
23	Δa	1,0	m
19	Hpotr	4,2	m
16	Vpotr	590	m3
17	Vzadrž	355	m3
24	Δhprdp	0,417	m
25	Bprel	6,8	m
26	d2	0,44	m
27	H0,1	0,947	m
28	H0,max	1,364	m
31	ΔZ	0,35	m
30	Z	0,60	m
29	Tpraz	4,1	h

vredu

IZBIRA DUŠILKE		
H	0,60	m
q	1	l/s*ha
Qmax	0,022	m3/s
v	3,42	m/s
Aduš	63,97	cm2
d1	9	cm

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
Bprel=	6,8	m
Δhprel=	3,4	m
L=	25,1	m
Qprel=	7,27	m3/s
l=	0,010	
bprel=	1,5	m
ng=	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	1,08	m
Q	7,27	m3/s
S	1,63	m2
v	4,47	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	7,67	m3/s
v=	4,47	m/s

Parameter	Vrednost	Enota
A	1,71	m2
R	1,5	m
Δhduš=	1,65	m
Δhodt=	1,56	m
Kontrola:	vredu	

Varianta 2: Po podatkih določen q

Podatek	Količina	Enota
qkrit=	15	l/s*ha
q15(0,1)=	176,4	l/s*ha
Δe=	0,5	m
Fxy=	3	/
vu=	10	m/h
τd=	0,05	/
F=	1,2	/
Tzadrž=	15	min
Volje=	20	m3
c=	2	m
d=	1	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s2
μ=	0,6	/
π=	3,1415927	/
b=	1,5	m
Δh1=	0,02	m
α=	1	/
d1=	0,09	m
Tpraz=	4	h

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
12	Qkrit	0,329	m3/s
13	Qkrit,max	0,394	m3/s
14	QD	3,86	m3/s
15	ΔQR	3,47	m3/s
18	Hzadr	2,5	m
20	X	20,6	m
21	Y	6,9	m
22	h3	0,1	m
23	Δa	1,0	m
19	Hpotr	4,2	m
16	Vpotr	590	m3
17	Vzadrž	355	m3
24	Δhprdp	0,417	m
25	Bprel	3,2	m
26	d2	0,44	m
27	H0,1	0,947	m
28	H0,max	1,364	m
31	ΔZ	0,35	m
30	Z	0,60	m
29	Tpraz	4,1	h

vredu

IZBIRA DUŠILKE		
H	0,60	m
q	1	l/s*ha
Qmax	0,022	m3/s
v	3,42	m/s
Aduš	63,97	cm2
d1	9	cm

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
Bprel=	3,2	m
Δhprel=	3,0	m
L=	25,1	m
Qprel=	3,47	m3/s
l=	0,010	
bprel=	1,5	m
ng=	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	0,62	m
Q	3,47	m3/s
S	0,93	m2
v	3,74	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	3,86	m3/s
v=	3,74	m/s

Parameter	Vrednost	Enota
A	1,03	m2
R	1,1	m
Δhduš=	1,65	m
Δhodt=	1,63	m
Kontrola:	vredu	

Priloga 2: Zadrževalnik po slovenskih Navodilih (primer 1)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest in Navodilih določen q

Podatek	Količina	Enota
$q_{15(0,04)}=$	350	l/s*ha
$q_{max,duš}=$	3	l/s*ha
$T=$	15	min
$t_c=$	10	min
$\Delta h=$	0,5	m
$m=$	0,9	/
$g=$	9,81	m/s ²
$T_{praz}=$	24	h
$\pi =$	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	$q_{15(1)}$	118,4	l/s*ha
	Q_{krit}	2,6	m ³ /s
	$Q_{max,duš}$	0,066	m ³ /s
35a	Q_0,m	0,0438	m ³ /s
35	V	2268	m ³
	$q_{15(0,1)}$	264,2	l/s*ha
36	$Q_{max,prel}$	5,8	m ³ /s
37	l_{prel}	4,1	m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,500	/
X	40	m
Y	20	m
H	2,1	m
V	2290	m ³

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,9	m
q	3	l/s*ha
Q_{max}	0,066	m ³ /s
v	6,11	m/s
$A_{duš}$	107,47	cm ²
d	12	cm
T_{praz}	14,4	h

solver

vredu

KONTROLA t_c		
V	2268	m ³
q_{dot}	2,6	m ³ /s
t_c	14,6	min

vredu

Varianta 2: Po podatkih določen q

Podatek	Količina	Enota
$q_{15(1)}=$	97,20	l/sha
$q_{max,duš}=$	3	l/sha
$T=$	15	min
$t_c=$	10	min
$\Delta h=$	0,5	m
$m=$	0,9	/
$g=$	9,81	m/s ²
$T_{praz}=$	24	h
$\pi =$	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	$q_{15(1)}$	97,2	l/s*ha
	Q_{krit}	2,1	m ³ /s
	$Q_{max,duš}$	0,066	m ³ /s
35a	Q_0,m	0,0438	m ³ /s
35	V	1850	m ³
	$q_{15(0,1)}$	176,4	l/s*ha
36	$Q_{max,prel}$	3,9	m ³ /s
37	l_{prel}	2,7	m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,5	/
X	36	m
Y	18	m
H	2,1	m
V	1872	m ³

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,9	m
q	3	l/s*ha
Q_{max}	0,066	m ³ /s
v	6,05	m/s
$A_{duš}$	108,54	cm ²
d	12	cm
T_{praz}	11,7	h

solver

vredu

KONTROLA t_c		
V	1850	m ³
q_{dot}	2,1	m ³ /s
t_c	14,5	min

vredu

Varianta 3: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
q15(0,04)=	350	l/s*ha
qmax,duš=	6	l/s*ha
T=	15	min
tc=	10	min
Δh=	0,5	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
Tpraz=	24	h
π =	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	q15(0,04)	350,0	l/s*ha
	Qkrit	7,7	m ³ /s
	Qmax,duš	0,13	m ³ /s
35a	Q0,m	0,0876	m ³ /s
35	V	6767	m ³
	q15(0,1)	/	l/s*ha
36	Qmax,prel	/	m ³ /s
37	lprel	/	m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,500	/
X	63	m
Y	42	m
H	2,2	m
V	6767	m ³

solver

IZBIRA DUŠILKE		
H	2,0	m
q	6	l/s*ha
Qmax	0,131	m ³ /s
v	6,20	m/s
Aduš	212,02	cm ²
d	16	cm
Tpraz	21,5	h

vredu

KONTROLA tc		
V	6767	m ³
qdot	7,7	m ³ /s
tc	14,7	min

vredu

Priloga 3: Grobi filter po slovenskih Navodilih (primer 1)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q in Navodilih

Podatek	Količina	Enota
$q=$	3	l/s*ha
$k_{filter}=$	0,001	m/s
$k_1=$	3,03	/
$k_2=$	2,764E-05	/
$H_0=$	3	m
$DN_1=$	0,25	m
$DN_2=$	0,1	m
$DN_3=$	0,07	m
$DN_4=$	0,05	m
$DN_5=$	0,04	m
$npovp,1=$	0,04	/
$npovp,2=$	0,07	/
$npovp,3=$	0,09	/
$npovp,4=$	0,11	/
$npovp,5=$	0,13	/
L=	5	m
$ldna=$	0,01	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	Q	0,0657	m ³ /s
	Afilter	65,7	m ²
	B0	21,9	m
40	ΔZ_1	0,044	m
40	ΔZ_2	0,040	m
40	ΔZ_3	0,037	m
40	ΔZ_4	0,037	m
40	ΔZ_5	0,034	m
	$\Sigma \Delta Z$	0,192	m
39	H5	2,8	m
	B5	23,4	m
	V	1642,5	m ³
	A	566	m ²
	Tizpr1	14,4	h
	Tizpr2	11,7	h

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
$B_{prel}=$	2,7	m
$\Delta h_{prel}=$	3,3	m
L=	26,0	m
$Q_{prel}=$	3,86	m ³ /s
$l=$	0,020	
bprel=	1,5	m
$ng=$	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	0,52	m
Q	3,86	m ³ /s
S	0,78	m ²
v	4,95	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	3,93	m ³ /s
v=	4,95	m/s
A	0,79	m ²
R	1,0	m

Kontrola višin

Parameter	Vrednost	Enota
hpotr	3,25	m
hprel	3,30	m
Kontrola	vredu	

Varianta 2: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
q=	6	l/s*ha
kfilter=	0,001	m/s
k1=	3,03	/
k2=	2,764E-05	/
H0=	5	m
DN1=	0,25	m
DN2=	0,1	m
DN3=	0,07	m
DN4=	0,05	m
DN5=	0,04	m
npovp,1=	0,04	/
npovp,2=	0,07	/
npovp,3=	0,09	/
npovp,4=	0,11	/
npovp,5=	0,13	/
L=	5	m
ldna=	0,01	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	Q	0,1314	m3/s
	Afilter	131,4	m2
	B0	26,3	m
40	ΔZ1	0,044	m
40	ΔZ2	0,040	m
40	ΔZ3	0,037	m
40	ΔZ4	0,037	m
40	ΔZ5	0,034	m
	ΣΔZ	0,192	m
39	H5	4,8	m
	B5	27	m
	V	3285	m3
	A	670	m2
	Tizpr	21,5	h

Priloga 4: Počasni biološki filter - ponikovalnik po slovenskih Navodilih (primer 1)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q in Navodilih

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,0657	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T=	14,4	h
m=	0,333	
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	2365	m ²
42	Qpon	0,1892	m ³ /s
Optimizacija			
	A	1400	m ²
	L	53	m
	B	26	m
	Vizr	1388	m ³
	V	1388	m ³
	hzadrž	0,96	m
	Tizpraz	9,9	h
	Qpon	0,112	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 1a: Kadar višek vode iz zadrževalnika preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico ($q=350$ l/s*ha)

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,0657	m ³ /s
$\Delta Q=$	5,072	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T1=	15	min
T2=	14,4	h
m=	0,333	
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	184962	m ²
42	Qpon	14,7970	m ³ /s
Optimizacija			
	A	7000	m ²
	L	102	m
	B	68	m
	Vizr	7967	m ³
	V	7967	m ³
	hzadrž	1,05	m
	Tizpraz	11,4	h
	Qpon	0,560	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 1b: Kadar višek vode iz zadrževalnika preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico ($q=q$ po podatkih)

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,0657	m ³ /s
$\Delta Q=$	3,863	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T1=	15	min
T2=	11,7	h
m=	0,333	
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	141439	m ²
42	Qpon	11,3151	m ³ /s
Optimizacija			
	A	6700	m ²
	L	100	m
	B	67	m
	Vizr	6252	m ³
	V	6252	m ³
	hzadrž	0,92	m
	Tizpraz	9,3	h
	Qpon	0,536	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 2: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,1314	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T=	21,5	h
m=	0,333	
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	4730	m ²
42	Qpon	0,3784	m ³ /s
Optimizacija			
	A	3000	m ²
	L	67	m
	B	45	m
	Vizr	3713	m ³
	V	3713	m ³
	hzadrž	1,20	m
	Tizpraz	12,4	h
	Qpon	0,240	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Priloga 5: Usedalnik - lovilec olj po nemških smernicah (primer 1)

Podatek	Količina	Enota
qkrit=	15	l/s*ha
qa=	10	m/h
vh=	0,03	m/s
VLS=	6	m3
L:B=	3,8	

Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
52	QRKB	328,5	l/s
52	ARKB	118,3	m2
	B	5,6	m
	L	21,2	m
	Tzadrž	12	min
	H	2,0	m
Kontrole			
10<L:H<15		10,6	vredu
3<L:B<4,5		3,8	vredu
2<B:H<4		2,8	vredu
	V	242,5	m3
	A	118	m2

Priloga 6: Talni filter po nemških smernicah (primer 1)

Podatek	Količina	Enota
qDr,REF=	0,02	l/s*m2
Qdot=	328,5	l/s
Af=	400	m2
m=	0,333	
Tdot=	12	min
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
53	QDr,REF	8	l/s
	ΔQ	320,5	l/s
	Vzadrž	226,5	m3
	hRBF	0,6	m
	Tizpr	7,9	h

DIMENZIJE BAZENA		
m	0,333	/
L	24,5	m
B	16,3	m
hRBF	0,5	m
V	226	m3

solver

Priloga 7: Zadrževalnik po nemških smernicah (primer 1)

Podatek	Količina	Enota
tf=	15	min
qdr,r,u=	6	l/s*ha
Tn=	10	let
fz=	1,2	/
g=	9,81	m/s ²
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
48	fa	0,992	/
49	f1	0,983	/

Enačba	Čas naliva	Odtok	Dušilka	Razlika	Spec.vol	Volumen
	D	rD(0,1)	qdr,r,u		Vs,u	V
	[min]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[m ³ /ha]	[m ³]
45 in 46	5	398,3	6	392,3	140,14	3069
	10	238,0	6	232,0	165,76	3630
	15	176,4	6	170,4	182,62	3999
	20	142,7	6	136,7	195,34	4278
	30	106,0	6	100,0	214,34	4694
	45	78,8	6	72,8	234,06	5126
	60	63,9	6	57,9	248,21	5436
	90	47,7	6	41,7	268,14	5872
	120	38,8	6	32,8	281,22	6159
	180	28,9	6	22,9	294,51	6450
	240	23,5	6	17,5	300,08	6572
	360	17,5	6	11,5	295,79	6478
540	13,1	6	7,1	273,93	5999	
Volumen zadrževalnika majn volumen usedalnika						6329

Izberem zadrževalnik pravokotnih oblik

Parameter	Količina	Enota
m	0,33	/
L:B	3,00	/
H	2,5	m
L	60	m
B	30	m
V	6329	m ³
A	1800	m ²

solver

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,2	m
q	6	l/s*ha
Qmax	0,131	m ³ /s
v	4,91	m/s
Aduš	267,50	cm ²
d	18	cm
Tpraz	13,7	h

vredu

Priloga 8: Ponikovalnik po nemških smernicah (primer 1)

Varianta 1: Voda brez zadrževalnika steče direktno na ponikovalnik

Podatek	Količina	Enota
Tn=	10	let
fz=	1,2	
qs=	4	l/s*ha
k=	0,000025	m/s

Enačba	Čas naliva	Odtok	Dušilka	Razlika	Volumen
	D	rD(0,1)	qdr,r,u		V
	[min]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[m3]
85 in 86	60	63,9	4	59,9	5667
	90	47,7	4	43,7	6202
	120	38,8	4	34,8	6585
	180	28,9	4	24,9	7067
	240	23,5	4	19,5	7379
	360	17,5	4	13,5	7663
	540	13,1	4	9,1	7748
	720	10,6	4	6,6	7493
	1080	7,7	4	3,7	6301
1440	6,2	4	2,2	4995	
					7748

Parameter	Količina	Enota
m	0,33	/
L:B	1,50	/
H	1,0	m
L	102	m
B	68	m
V	7748	m3
A	6936	m2
Tizpr	12,4	h

Varianta 2: Voda na ponikovalnik doteka preko zadrževalnika

Podatek	Količina	Enota
Tn=	10	let
fz=	1,2	
qs=	4	l/s*ha
Qdot=	6	l/s*ha
tc=	13,7	h
kf=	0,000025	m/s

Parameter	Količina	Enota
V	2591	m3
m	0,33	/
L:B	2	/
H	0,96	m
L	60	m
B	40,0	m
V	2591	m3
A	2400	m2
Tizpraz	12,0	h

Priloga 9: Usedalnik - lovilec olj po slovenskih Navodilih (primer 2)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q

Podatek	Količina	Enota
q _{krit} =	15	l/s*ha
q _{15(0,04)} =	350	l/s*ha
Δe=	0,5	m
F _{xy} =	3	/
vu=	10	m/h
τ _d =	0,05	/
F=	1,2	/
Tzadrž=	15	min
Volje=	20	m ³
c=	2	m
d=	1	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
μ=	0,6	/
π=	3,1415927	/
b=	1,5	m
Δh ₁ =	0,02	m
α=	1	/
d ₁ =	0,05	m
T _{praz} =	4	h

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
12	Q _{krit}	0,099	m ³ /s
13	Q _{krit,max}	0,118	m ³ /s
14	QD	2,30	m ³ /s
15	ΔQR	2,18	m ³ /s
18	H _{zadr}	2,5	m
20	X	11,3	m
21	Y	3,8	m
22	h ₃	0,4	m
23	Δa	0,6	m
19	H _{potr}	3,9	m
16	V _{potr}	168	m ³
17	V _{zadrž}	106	m ³
24	Δh _{prdop}	0,417	m
25	B _{prel}	2,0	m
26	d ₂	0,24	m
27	H _{0,1}	0,947	m
28	H _{0,max}	1,364	m
31	ΔZ	0,10	m
30	Z	0,84	m
29	T _{praz}	6,4	h

vredu

IZBIRA DUŠILKE		
H	0,84	m
q	1	l/s*ha
Q _{max}	0,007	m ³ /s
v	4,06	m/s
Aduš	16,16	cm ²
d ₁	5	cm

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
B _{prel} =	2,0	m
Δh _{prel} =	2,8	m
L=	15,8	m
Q _{prel} =	2,18	m ³ /s
l=	0,015	
b _{prel} =	1	m
ng=	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	0,56	m
Q	2,18	m ³ /s
S	0,56	m ²
v	3,88	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	2,30	m ³ /s
v=	3,88	m/s

Parameter	Vrednost	Enota
A	0,59	m ²
R	0,9	m
Δh _{duš} =	1,44	m
Δh _{odt} =	1,35	m
Kontrola:	vredu	

Varianta 2: Po podatkih določen q

Podatek	Količina	Enota
q _{krit} =	15	l/s*ha
q _{15(0,1)} =	176,4	l/s*ha
Δe=	0,5	m
F _{xy} =	3	/
vu=	10	m/h
τ _d =	0,05	/
F=	1,2	/
Tzadrž=	15	min
Volje=	20	m ³
c=	2	m
d=	1	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
μ=	0,6	/
π=	3,1415927	/
b=	1,5	m
Δh ₁ =	0,02	m
α=	1	/
d ₁ =	0,05	m
Tpraz=	4	h

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
12	Q _{krit}	0,099	m ³ /s
13	Q _{krit,max}	0,118	m ³ /s
14	QD	1,16	m ³ /s
15	ΔQR	1,04	m ³ /s
18	H _{zadr}	2,5	m
20	X	11,3	m
21	Y	3,8	m
22	h ₃	0,4	m
23	Δa	0,6	m
19	H _{potr}	3,9	m
16	V _{potr}	168	m ³
17	V _{zadrž}	106	m ³
24	Δh _{pridop}	0,417	m
25	B _{prel}	1,0	m
26	d ₂	0,24	m
27	H _{0,1}	0,947	m
28	H _{0,max}	1,364	m
31	ΔZ	0,10	m
30	Z	0,84	m
29	T _{praz}	6,4	h

vredu

IZBIRA DUŠILKE		
H	0,84	m
q	1	l/s*ha
Q _{max}	0,007	m ³ /s
v	4,06	m/s
A _{duš}	16,16	cm ²
d ₁	5	cm

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
B _{prel} =	1,0	m
Δh _{prel} =	2,6	m
L=	15,8	m
Q _{prel} =	1,04	m ³ /s
l=	0,015	
b _{prel} =	1	m
ng=	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	0,33	m
Q	1,04	m ³ /s
S	0,33	m ²
v	3,19	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	1,16	m ³ /s
v=	3,19	m/s

Parameter	Vrednost	Enota
A	0,36	m ²
R	0,7	m
Δh _{duš} =	1,44	m
Δh _{odt} =	1,36	m
Kontrola:	vredu	

Priloga 10: Zadrževalnik po slovenskih Navodilih (primer 2)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest in Navodilih določen q

Podatek	Količina	Enota
q15(0,04)=	350	l/s*ha
qmax,duš=	2	l/s*ha
T=	15	min
tc=	10	min
Δh=	0,5	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
Tpraz=	24	h
π =	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	q15(1)	118,4	l/s*ha
	Qkrit	0,8	m ³ /s
	Qmax,duš	0,013	m ³ /s
35a	Q0,m	0,00876	m ³ /s
34	V	687	m ³
	q15(0,1)	264,2	l/s*ha
36	Qmax,prel	1,7	m ³ /s
37	lprel	1,2	m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,333	/
X	18	m
Y	6	m
H	2,1	m
V	687	m ³

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,0	m
q	2	l/s*ha
Qmax	0,013	m ³ /s
v	4,50	m/s
Aduš	29,21	cm ²
d	6	cm
Tpraz	21,8	h

solver

vredu

KONTROLA tc		
V	687	m ³
qdot	0,8	m ³ /s
tc	14,7	min

vredu

Varianta 2: Po podatkih določen q

Podatek	Količina	Enota
q15(1)=	97,20	l/sha
qmax,duš=	2	l/sha
T=	15	min
tc=	10	min
Δh=	0,5	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
Tpraz=	24	h
π =	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	q15(1)	97,2	l/s*ha
	Qkrit	0,6	m ³ /s
	Qmax,duš	0,013	m ³ /s
35a	Q0,m	0,00876	m ³ /s
34	V	562	m ³
	q15(0,1)	176,4	l/s*ha
36	Qmax,prel	1,2	m ³ /s
37	lprel	0,8	m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,5	/
X	16	m
Y	8	m
H	2,1	m
V	562	m ³

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,1	m
q	2	l/s*ha
Qmax	0,013	m ³ /s
v	4,56	m/s
Aduš	28,83	cm ²
d	6	cm
Tpraz	17,8	h

solver

vredu

KONTROLA tc		
V	562	m ³
qdot	0,6	m ³ /s
tc	14,7	min

vredu

Varianta 3: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
q15(0,04)=	350	l/s*ha
qmax,duš=	6	l/s*ha
T=	15	min
tc=	10	min
Δh=	0,5	m
m=	0,9	/
g=	9,81	m/s ²
Tpraz=	24	h
π =	3,1415927	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	q15(0,04)	350,0	l/s*ha
	Qkrit	2,3	m ³ /s
	Qmax,duš	0,04	m ³ /s
35a	Q0,m	0,02628	m ³ /s
34	V	2030	m ³
	q15(0,1)		l/s*ha
36	Qmax,prel		m ³ /s
37	lprel		m

DIMENZIJE BAZENA		
n	0,333	/
X	30	m
Y	20	m
H	2,1	m
V	2030	m ³

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,0	m
q	6	l/s*ha
Qmax	0,039	m ³ /s
v	4,50	m/s
Aduš	87,69	cm ²
d	11	cm
Tpraz	21,5	h

solver

vredu

KONTROLA tc		
V	2030	m ³
qdot	2,3	m ³ /s
tc	14,7	min

vredu

Priloga 11: Grobi filter po slovenskih Navodilih (primer 2)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q in Navodilih

Podatek	Količina	Enota
$q=$	2	$l/s \cdot ha$
$k_{filter}=$	0,001	m/s
$k_1=$	3,03	/
$k_2=$	2,764E-05	/
$H_0=$	3	m
$DN_1=$	0,25	m
$DN_2=$	0,1	m
$DN_3=$	0,07	m
$DN_4=$	0,05	m
$DN_5=$	0,04	m
$npovp,1=$	0,04	/
$npovp,2=$	0,07	/
$npovp,3=$	0,09	/
$npovp,4=$	0,11	/
$npovp,5=$	0,13	/
$L=$	5	m
$ldna=$	0,01	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	Q	0,01314	m^3/s
	Afilter	13,14	m^2
	B0	4,38	m
40	ΔZ_1	0,044	m
40	ΔZ_2	0,040	m
40	ΔZ_3	0,037	m
40	ΔZ_4	0,037	m
40	ΔZ_5	0,034	m
	$\Sigma \Delta Z$	0,192	m
39	H5	2,8	m
	B5	4,7	m
	V	328,5	m^3
	A	113	m^2
	Tizpr1	21,8	h
	Tizpr2	17,8	h

Dimenzije preliva

Podatek	Količina	Enota
$B_{prel}=$	1,0	m
$\Delta h_{prel}=$	3,2	m
$L=$	26,0	m
$Q_{prel}=$	1,16	m^3/s
$l=$	0,020	
$b_{prel}=$	0,8	m
$ng=$	0,013	

Parameter	Vrednost	Enota
h	0,39	m
Q	1,16	m^3/s
S	0,31	m^2
v	3,70	m/s

solver

Dimenzije odtočne cevi

Podatek	Količina	Enota
Q=	1,17	m^3/s
v=	3,70	m/s
A	0,32	m^2
R	0,6	m

Kontrola višin

Parameter	Vrednost	Enota
hpotr	3,25	m
hprel	3,33	m
Kontrola	vredu	

Varianta 2: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
q=	6	l/s*ha
kfilter=	0,001	m/s
k1=	3,03	/
k2=	2,764E-05	/
H0=	5	m
DN1=	0,25	m
DN2=	0,1	m
DN3=	0,07	m
DN4=	0,05	m
DN5=	0,04	m
npovp,1=	0,04	/
npovp,2=	0,07	/
npovp,3=	0,09	/
npovp,4=	0,11	/
npovp,5=	0,13	/
L=	5	m
ldna=	0,01	/

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
	Q	0,03942	m3/s
	Afilter	39,42	m2
	B0	7,9	m
40	$\Delta Z1$	0,044	m
40	$\Delta Z2$	0,040	m
40	$\Delta Z3$	0,037	m
40	$\Delta Z4$	0,037	m
40	$\Delta Z5$	0,034	m
	$\Sigma \Delta Z$	0,192	m
39	H5	4,8	m
	B5	8	m
	V	985,5	m3
	A	201	m2
	Tizpr	21,5	h

Priloga 12: Počasni biološki filter - ponikovalnik po slovenskih *Navodilih* (primer 2)

Varianta 1: Po Pravilniku o projektiranju cest določen q in *Navodilih*

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,01314	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T=	21,8	h
m=	0,333	
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	473	m ²
42	Qpon	0,0378	m ³ /s
Optimizacija			
	A	350	m ²
	L	26	m
	B	13	m
	Vizr	268	m ³
	V	268	m ³
	hzadrž	0,73	m
	Tizpraz	7,7	h
	Qpon	0,028	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 1a: Kadar višek vode iz zadrževalnika preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico ($q=350$ l/s*ha)

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,01314	m ³ /s
$\Delta Q=$	1,522	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T1=	15	min
T2=	21,8	h
m=	0,333	
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	55252	m ²
42	Qpon	4,4202	m ³ /s
Optimizacija			
	A	2000	m ²
	L	63,2	m
	B	31,6	m
	Vizr	2400	m ³
	V	2400	m ³
	hzadrž	1,04	m
	Tizpraz	12,0	h
	Qpon	0,160	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 1b: Kadar višek vode iz zadrževalnika preko preliva odvedemo direktno na ponikovalnico ($q=q$ po podatkih)

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,01314	m ³ /s
$\Delta Q=$	1,159	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T1=	15	min
T2=	17,8	h
m=	0,333	
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	42195	m ²
42	Qpon	3,3756	m ³ /s
Optimizacija			
	A	2000	m ²
	L	63,2	m
	B	31,6	m
	Vizr	1885	m ³
	V	1885	m ³
	hzadrž	0,92	m
	Tizpraz	9,4	h
	Qpon	0,160	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Varianta 2: Maksimalna obremenitev

Podatek	Količina	Enota
Q=	0,03942	m ³ /s
q=	0,1	m/h
k=	0,0001000	m/s
h=	2,5	m
u=	1,5	m
T=	21,5	h
m=	0,333	
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednost	Enota
41	A	1419	m ²
42	Qpon	0,1135	m ³ /s
Optimizacija			
	A	900	m ²
	L	37	m
	B	24	m
	Vizr	1114	m ³
	V	1114	m ³
	hzadrž	1,17	m
	Tizpraz	12,4	h
	Qpon	0,072	m ³ /s

vredu

solver

vredu

vredu

Priloga 13: Usedalnik - lovilec olj po nemških smernicah (primer 2)

Podatek	Količina	Enota
qkrit=	15	l/s*ha
qa=	10	m/h
vh=	0,03	m/s
VLS=	6	m3
L:B=	3,8	

Enačba	Parameter	Vrednsot	Enota
52	QRKB	98,6	l/s
52	ARKB	35,5	m2
	B	3,1	m
	L	11,6	m
	Tzadrž	6	min
	H	2,0	m
Kontrole			
	10<L:H<15	5,8	popravi
	3<L:B<4,5	3,8	vredu
	2<B:H<4	1,5	popravi
	V	77,0	m3
	A	35	m2

Popravljenе dimenzije			
Enačba	Parameter	Vrednsot	Enota
52	QRKB	98,6	l/s
52	ARKB	35,5	m2
	B	5,5	m
	L	21,0	m
	Tzadrž	12	min
	H	2,0	m
Kontrole			
	10<L:H<15	10,5	vredu
	3<L:B<4,5	3,8	vredu
	2<B:H<4	2,8	vredu
	V	238,1	m3
	A	116	m2

Priloga 14: Talni filter po nemških smernicah (primer 2)

Podatek	Količina	Enota
$q_{Dr,REF}$ =	0,02	l/s*m2
Q_{dot} =	98,55	l/s
A_f =	100	m2
m =	0,333	
T_{dot} =	6	min
L:B=	1,5	

Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
53	$Q_{Dr,REF}$	2	l/s
	ΔQ	96,55	l/s
	Vzadrž	37,4	m3
	h_{RBF}	0,4	m
	T_{izpr}	5,2	h

DIMENZIJE BAZENA		
m	0,333	/
L	12,2	m
B	8,2	m
h_{RBF}	0,3	m
V	37	m3

solver

Priloga 15: Zadrževalnik po nemških smernicah (primer 2)

Podatek	Količina	Enota
tf=	15	min
qdr,r,u=	6	l/s*ha
Tn=	10	let
fz=	1,2	/
g=	9,81	m/s ²
L:B=	2	

Enačba	Parameter	Vrednosit	Enota
48	fa	0,992	/
49	f1	0,983	/

Enačba	Čas naliva	Odtok	Dušilka	Razlika	Spec.vol	Volumen
	D	rD(0,1)	qdr,r,u		Vs,u	V
	[min]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[m3/ha]	[m3]
45 in46	5	398,3	6	392,3	140,14	921
	10	238,0	6	232,0	165,76	1089
	15	176,4	6	170,4	182,62	1200
	20	142,7	6	136,7	195,34	1283
	30	106,0	6	100,0	214,34	1408
	45	78,8	6	72,8	234,06	1538
	60	63,9	6	57,9	248,21	1631
	90	47,7	6	41,7	268,14	1762
	120	38,8	6	32,8	281,22	1848
	180	28,9	6	22,9	294,51	1935
	240	23,5	6	17,5	300,08	1972
	360	17,5	6	11,5	295,79	1943
540	13,1	6	7,1	273,93	1800	
Volumen zadrževalnika majn volumen usedalnika						1895

Izberem zadrževalnik pravokotnih oblik

Parameter	Količina	Enota
m	0,33	/
L:B	3,00	/
H	2,4	m
L	28	m
B	14	m
V	1895	m ³
A	392	m ²

solver

IZBIRA DUŠILKE		
H	1,2	m
q	6	l/s*ha
Qmax	0,039	m ³ /s
v	4,84	m/s
Aduš	81,51	cm ²
d	10	cm
Tpraz	13,7	h

vredu

Priloga 16: Ponikovalnik po nemških smernicah (primer 2)

Varianta 1: Voda brez zadrževalnika steče direktno na ponikovalnik

Podatek	Količina	Enota
Tn=	10	let
fz=	1,2	
qs=	4	l/s*ha
k=	0,000025	m/s

Enačba	Čas naliva	Odtok	Dušilka	Razlika	Volumen
	D	rD(0,1)	qdr,r,u		V
	[min]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[l/s*ha]	[m3]
85 in 86	60	63,9	4	59,9	1700
	90	47,7	4	43,7	1860
	120	38,8	4	34,8	1975
	180	28,9	4	24,9	2120
	240	23,5	4	19,5	2214
	360	17,5	4	13,5	2299
	540	13,1	4	9,1	2325
	720	10,6	4	6,6	2248
	1080	7,7	4	3,7	1890
1440	6,2	4	2,2	1499	
					2325

Parameter	Količina	Enota
m	0,33	/
L:B	2,00	/
H	0,7	m
L	80	m
B	40	m
V	2325	m3
A	3200	m2
Tizpr	8,1	h

Varianta 2: Voda na ponikovalnik doteka preko zadrževalnika

Podatek	Količina	Enota
Tn=	10	let
fz=	1,2	
qs=	4	l/s*ha
Qdot=	6	l/s*ha
tc=	13,7	h
kf=	0,000025	m/s

Parameter	Količina	Enota
V	777	m3
m	0,33	/
L:B	2	/
H	0,88	m
L	38	m
B	19	m
V	777	m3
A	722	m2
Tizpraz	12,0	h