



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Konstrukterstvo

**ČISTILNA TER STERILIZACIJSKA
NAPRAVA ZA ČIŠČENJE STEKLENIC ZA
UPORABO V DOMAČEM PIVOVARSTVU**

Mentor: mag. Slavko Božič, univ. dipl. inž. str.
Lektorica: Maja Antosiewicz Škraba, univ. dipl. slov.

Kandidat: Luka Svetlin

Ljubljana, februar 2018

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju mag. Slavku Božiču, univ. dipl. inž. str. Zahvaljujem se tudi svojemu dekletu za pomoč pri študiju. Posebno zahvalo bi rad namenil izbranim sošolcem, ki so z dobro družbo, medsebojno pomočjo in kolegialnostjo poskrbeli, da sem uspešno zaključil šolanje.

IZJAVA

»Študent Luka Svetlin izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag Slavka Božiča.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

S povečanjem popularnosti domačega pivovarstva se odpira povsem nov neizčrpan trg kupcev, katerim lahko ponudimo izdelke in jim olajšamo manj privlačne aspekte njihovega hobija. V našem primeru smo želeli domačim pivovarjem olajšati čiščenje rabljenih steklenic. Na podlagi pivovarske prakse in naprav s podobnim namenom smo zasnovali polavtomatsko napravo za čiščenje steklenic. Osnovni princip delovanja smo si sposodili pri klasičnem pomivalnem stroju in ga aplicirali na način, da naprava uspešno čisti steklenice. Konstrukcija naprave je narejena tako, da lahko pivovarji za uporabo naprave uporabijo osnovno opremo pivovarjev. Na ta način smo eliminirali določene ključne elemente in hkrati ohranili nizko ceno. Na podlagi čistil in dezinfekcijskih sredstev smo definirali ustrezen konstrukcijski material in skladno s tem izbrali ustrezen tehnološki postopek izdelave. Na podlagi teorije dinamike fluidov smo ugotovili, zakaj obstoječe zasnove niso ustrezne, in predlagali lastno rešitev, podprto z izračuni, ki zagotavljajo ponovljive rezultate. Cilj naprave je, da je učinkovita, cenovno ugodna in sorazmerno majhna, s čimer lahko kotiramo na trg domačih pivovarjev.

KLJUČNE BESEDE

- pivovarstvo
- konstruiranje
- čiščenje
- dezinfekcija
- prototip

ABSTRACT

The increase of popularity of home brewing opens a completely new, vast market of buyers, who can be offered products and eased the less attractive sides of their hobby. In our case our purpose was to facilitate cleaning of used bottles to home brewers. On the basis of brewing practice and machinery with similar functions we developed a half-automatic bottle cleaning machine. Its basic functioning principle was borrowed from classical dishwashing machine and applied to efficient bottle cleaning. The machine is constructed in such a way that brewers can use the basic brewery equipment if they want to run it; in this way we eliminated some key elements and preserved low price. Based on cleaning and disinfection materials we selected adequate construction material as well as adequate technology of production. On the basis of the theory of fluids dynamics we found out reasons of inefficiency of the existing machinery and proposed our own solution, based on calculations assuring repeatable results. Our machine aims to be efficient, cost-effective and relatively small, which makes it possible for us to launch it at the home brewery market.

KEYWORDS

- brewery
- construction
- cleaning
- disinfection
- prototype

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predstavitev okolja	2
1.4	Predpostavke in omejitve	2
1.5	Metode dela	2
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	3
2.1	Osnovni principi delovanja pomivalnega stroja	3
2.2	Kemija za čiščenje v pivovarstvu	4
3	OBSTOJEČE STANJE.....	6
3.1	Obstoječa pomagala za domače pivovarje	6
3.2	Naprave domačih mojstrov.....	9
3.3	Industrijske naprave za čiščenje steklenic	11
3.4	Kritična analiza.....	14
4	PRAKTIČNI DEL	14
4.1	Izbira ustreznega materiala	14
4.2	Snovanje in konstruiranje naprave	18
4.3	Tehnološki postopek proizvodnje	23
4.4	Hidrodinamični izračuni	27
4.5	Cena prototipa	31
4.6	Navodila za uporabo naprave.....	32
5	ZAKLJUČEK	33
6	LITERATURA IN VIRI	34
	PRILOGE	37

KAZALO SLIK

Slika 1:	Pomivalni stroj s ključnimi elementi	4
Slika 2:	Krtačka za ročno čiščenje steklenic	7
Slika 3:	Izdelek za brizganje vode v steklenice	8
Slika 4:	Pršilnik za razkužilo	9
Slika 5:	Naprava iz PVC-ja za čiščenje steklenic	10
Slika 6:	Domača naprave za čiščenje steklenic	11
Slika 7:	Krones Lavatec D4/D5	12
Slika 8:	Razporeditev dvostranskega pralnika steklenic	13
Slika 9:	Shema delovanja pralnih šob	13
Slika 10:	Cevni pralnik steklenic	19
Slika 11:	Pralnik za steklenice v obliki škatle	21
Slika 12:	Prerez pralnika za steklenice v obliki škatle	21
Slika 13:	Nastavek za steklenico	22
Slika 14:	Eksploziran pogled pralnika za steklenice	22
Slika 15:	Konstrukcija spodnje posode	23
Slika 16:	Kosovnica elementov spodnje posode	24
Slika 17:	Pozicija luknje za črpalko v mm	24
Slika 18:	Dimenzije nosilne plošče v mm	25
Slika 19:	Dimenzije šobe v mm	25
Slika 20:	Kosovnica elementov korita	26
Slika 21:	Pozicija luknje za odtok	26
Slika 22:	Skica steklenice	28
Slika 23:	Skica naprave	29

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Suha sterilizacija s toploto	9
Tabela 2:	Kemijska odpornost kovin	16
Tabela 3:	Kemična analiza materiala 316L	17
Tabela 4:	Mehanske lastnosti materiala 316L	17
Tabela 5:	Cene elementov naprave	31

KRATICE IN AKRONIMI

AISI SS 304(L):	Oznaka materiala za nerjavno jeklo tipa 304
AISI SS 316(L):	Oznaka materiala za nerjavno jeklo tipa 316
BKP:	Biokemijska potreba po kisiku
CIP:	Clean in place (angl.) – metoda čiščenja notranjosti cevi, posod in procesne opreme
DIN 11852:	Oznaka standarda za proizvodnjo fittingov
EN 10204/3.1:	Oznaka standarda za certificiranje jekla
ISO 1127:	Oznaka standarda za proizvodnjo industrijskih cevi
KPK:	Kemijska potreba po kisiku
PBW:	Powderbrewerywash (angl.) – pivovarsko čistilo v prahu
PVC:	Polivinilklorid, tretji najbolj množično proizvajan tip plastike

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Eden izmed najpomembnejših faktorjev pri pivovarstvu je čistoča. Fermentacija piva je biološki proces, v katerem vzpostavljamo idealne pogoje za rast in razvoj bakterij, zato moramo zagotoviti, da imamo v pivini le zelene bakterije. Neustrezne bakterije lahko povzročijo neželene okuse in celo kvarjenje piva. Pri čiščenju pivovarske opreme je eno izmed najbolj časovno zamudnih opravil pranje rabljenih steklenic. Kakovostno ročno čiščenje vzame veliko časa in napora, kjer moramo steklenice najprej namakati in jih nato očistiti s posebno krtačo, ki seže v samo steklenico.

Mikropivovarne se redko odločajo za ponovno uporabo steklenic. Pri količini piva, ki ga proizvedejo mikropivovarne, bi bilo preveč zamudno in ekonomsko nerentabilno, da bi steklenice prali ročno. Industrijske naprave pa velikokrat predstavljajo prevelik investicijski zalogaj. Z ekonomskega vidika je najboljša opcija, da se cena steklenice upošteva v končni ceni izdelka. Ponovna uporaba steklenic pa je pri domačem pivovarstvu smiselna, saj pri manjših količinah omogoča, da na ta način občutno znižamo proizvodnjo cene piva, poleg tega pa je izbira bolj ekološka.

Ljudje si od nekdaj izdelujemo naprave in stroje, s katerimi si olajšamo delo, zato je smiselno, da izdelamo napravo, s katero si bodo domači pivovarji olajšali čiščenje steklenic in pripravo le-teh za nadaljnjo uporabo.

1.2 CILJI NALOGE

V diplomskem delu želimo skonstruirati preprosto napravo, s katero bi lahko domači pivovarji s čim manj napora očistili in razkužili svoje steklenice.

Konstrukcija naprave bo čim bolj enostavna tako za izdelavo kot za uporabo. Za dodatno zagotavljanje nizke cene pa bo naprava zasnovana v taki obliki, da bo dopolnjevala pivovarsko opremo, ki jo imajo pivovarji že doma.

Na podlagi podobnih obstoječih sistemov, ki se uporabljajo v farmaciji, medicini in industrijskem pivovarstvu, želimo osnovati izdelek, ki bo v prvi vrsti funkcionalen, cenovno dostopen in sorazmerno majhnih dimenzij, ki bodo omogočale lažje shranjevanje.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

V zadnjih letih je v Sloveniji kot tudi po svetu moč opaziti porast raznih mikropivovarn, ki se ukvarjajo s pridelavo tako imenovanih »craft piv« (pivo, narejeno v majhni pivovarni na tradicionalen, neindustrijski način). Z vedno večjo priljubljenostjo »craft piv« pa se tudi večja število domačih pivovarjev.

Vedno več posameznikov se za domačo proizvodnjo odloča zato, ker je pivo, narejeno doma, lahko cenejše in narejeno vsakemu pivovarju po okusu. Ne samo, da je domače pivo v primerjavi s kupljenim cenejše in bolj polnega okusa, hkrati ima tudi več vitaminov in je brez nepotrebnih konzervansov. Poleg vsega tega pa vsak pivovar dobi tudi občutek zadovoljstva, da je do takšnega rezultata prišel sam.

Čeprav domače pivovarstvo zagotovo ni novost v našem prostoru, lahko z gotovostjo rečemo, da je v porastu. Domače pivovarstvo je razvijajoča se tržna niša, ki jo lahko izkoristimo.

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

V začetku lahko postavimo tri glavne predpostavke, ki jih bo treba upoštevati pri zasnovi naprave:

- **učinkovitost:** naprava mora zadano delo opraviti hitreje in z manj napora, kot bi to opravili ročno;
- **nizka cena:** cena naprave mora biti dovolj nizka, da bo cenovno dostopna in privlačna domačim pivovarjem, ki se s pivovarstvom ukvarjajo neprofitno oziroma zgolj kot s hobijem;
- **velikost:** naprava mora biti sorazmerno majhne velikosti, zato da ne porabi veliko prostora za shranjevanje.

V tej točki nam omejitve predstavlja predvsem cena. Tu je cena odvisna od več faktorjev. V tem primeru bo šlo za izdelavo prototipnega kosa, s čimer se bo nedvomno dvignila cena izdelave. Cena pa bo odvisna tudi od uporabljenih materialov in proizvodnega procesa. V primeru previsoke cene izdelave izdelek ne bo rentabilen za uporabo v domačem pivovarstvu.

1.5 METODE DELA

V teoretičnem delu bomo z opisno metodo prikazali obstoječe rešitve, ki se uporabljajo v domačem in industrijskem pivovarstvu. Nato bomo v praktičnem delu z metodo združevanja zasnovali izdelek, ki bo z vseh teh področij združil elemente in principe za apliciranje na našem področju.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 OSNOVNI PRINCIPI DELOVANJA POMIVALNEGA STROJA

Za teoretično osnovo lahko vzamemo princip delovanja pomivalnega stroja, kakršnega imamo v domačem gospodinjstvu. Domači pomivalni stroj z lahkoto očisti kozarce, zato lahko sklepamo, da bo enako učinkovito očistil tudi steklenice.

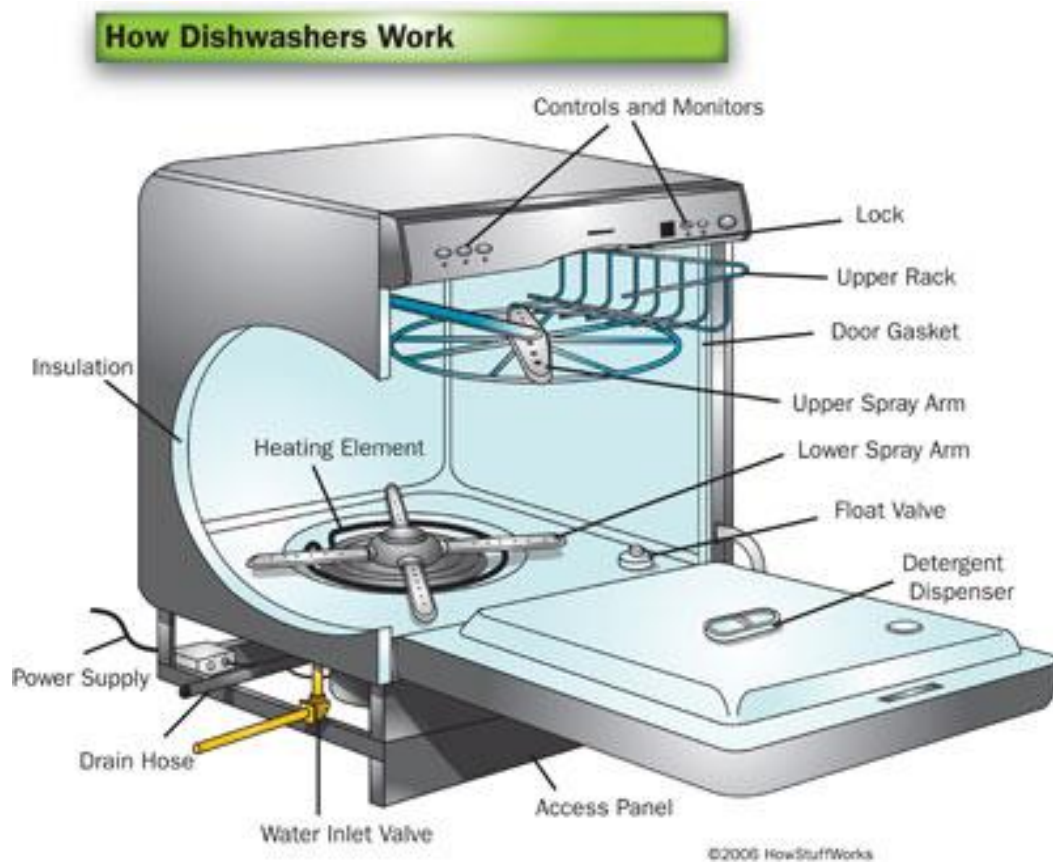
V osnovi je pomivalni stroj robot, ki čisti in izpira umazano posodo. Čeprav morajo ljudje naložiti posodo, dodati detergent, nastaviti ustrezen program in ga prižgati, pomivalni stroj sam opravi celo serijo funkcij (Grabianowski, 2006).

Pomivalni stroj (Grabianowski, 2006):

- doda vodo;
- segreje vodo do ustrezne temperature;
- avtomatično doda detergent ob ustreznem času;
- črpa vodo skozi šobe, da očisti posodo;
- izčrpa umazano vodo;
- razprši dodatno vodo, da izpere posodo;
- ponovno izčrpa vodo in
- segreje zrak, da posuši posodo, v kolikor je bila izbrana ta nastavitvev.

Poleg vsega tega pomivalni stroj nadzira samega sebe, s čimer zagotavlja pravilno delovanje. Manjši računalnik regulira dolžino vsakega cikla. Senzor zazna temperaturo vode in zraka, s čimer prepreči pregretje pomivalnega stroja ali pa poškodbo posode. Drug senzor nadzira nivo vode in v primeru, da je ta previsok, prične prazniti stroj (Grabianowski, 2006).

Čeprav so pomivalni stroji vodotesni, se pravzaprav ne napolnijo z vodo. Z vodo se napolni le manjši bazen na dnu stroja, kjer se voda segreje 55–60 °C, od koder jo vodna črpalka črpa proti šobam, kjer se voda pod pritiskom prši na umazano posodo. Vodni pritisk prav tako rotira »roko«, na katero so nameščene šobe. Ko je čiščenje in izpiranje končano, voda odteče v bazen na dnu stroja, od koder jo črpalka prečrpa iz stroja v odtok (Grabianowski, 2006).



Slika 1: Pomivalni stroj s ključnimi elementi
(Vir: Grabianowski, 2006)

Kot navaja Grabianowski (2006), je osnovni princip delovanja pralnega stroja dokaj preprost. Iste principe bomo poskušali aplicirati pri zasnovi naše naprave za čiščenje steklenic. V steklenice moramo za določeno časovno obdobje dovajati segreto vodo z detergentom oziroma želenim čistilom, odpadno vodo pa ustrezno odvajati.

2.2 KEMIJA ZA ČIŠČENJE V PIVOVARSTVU

Čistoča je najpomembnejša skrb pivovarja. S tem, ko zagotavljamo idealne pogoje za kvas, pivo prav tako zagotavlja dobre pogoje za rast drugih mikroorganizmov, še posebej divjega kvasa in bakterij (Palmer, 2006).

Pivovarji se za čiščenje svoje opreme poslužujejo različnih metod, najpogosteje pa se odločajo za uporabo namenskih čistil. V pivovarstvu poznamo dve stopnji čiščenja. V prvi stopnji se z opreme očisti grobo umazanijo in madeže, vidne s prostim očesom. V drugi stopnji pa se opremo razkuži, da v pivo ne zaidejo neželene bakterije. Za vsako stopnjo se lahko uporabljajo različne metode in čistila. V nadaljevanju bomo opisali čistila, ki jih bomo aplicirali tudi za uporabo pri našem produktu.

Definicija in osnovna naloga dezinfekcije je, da zmanjša količino bakterij in kontaminacije do zanemarljivih oziroma obvladljivih količin. Izrazi čisto, dezinficirano in sterilizirano se pogosto uporabljajo izmenično, vendar se ne bi smeli. Predmeti so lahko čisti, vendar ne sterilizirani in obratno. Definicije so naslednje (Palmer, 2006):

- **čisto:** brez umazanije, madežev in tujkov;
- **dezinficirano:** mikroorganizmi so pobiti oziroma zmanjšani do zanemarljivih količin;
- **sterilizirano:** vse oblike življenja so eliminirane, še posebno mikroorganizmi, bodisi fizično ali s pomočjo kemikalij.

Čiščenje je proces odstranjevanja vse umazanije iz površin in s tem odstranjevanja vseh mest, kjer bi se lahko nabirale bakterije. Nobeno od razkužil, ki ga uporabljajo domači pivovarji, ni sposobno eliminirati vseh bakterij in virusov. Večina kemikalij, ki jih uporabljajo domači pivovarji, bo očistila in razkužila opreme, vendar je ne bo sterilizirala, saj sterilizacija ni nujno potrebna. Namesto sterilizacije so domači pivovarji lahko zadovoljni, če kontaminacije zreducirajo do zanemarljivih količin. Vsa razkužila so mišljena, da se uporabljajo na čistih površinah. Zmožnost razkužila, da eliminira mikroorganizme, se zmanjša v primeru, da je na površini umazanija ali organski material. Organski depoziti lahko nudijo zavetje bakterijam in preprečujejo, da bi jih razkužilo doseglo (Palmer, 2006).

Eno izmed bolj priljubljenih splošnih čistil v pivovarstvu, ki se uporabljajo za čiščenje grobe umazanije oziroma prvostopenjskega čiščenja, je čistilo PBW (angl. Powdered Brewery Wash).

PBW je pufni alkalni detergent, za katerega se je izkazalo, da je več kot učinkovit nadomestek za kavstično sodo. Zaradi svoje edinstvene sestave pufra in blagih alkalij je varno ob stiku s kožo in za mehke kovine, kot so nerjaveče jeklo, aluminij in plastika. PBW uporablja aktivni kisik za pronicanje ogljika ali beljakovinskih prsti. Trda voda nima nanj vpliva. Aktivni kisik pomaga pri zmanjšanju vrednosti BPK (biokemijska potreba po kisiku) in KPK (kemijska potreba po kisiku), kar je dodana vrednost za okolje. PBW je bil osnovan za sistem čiščenja CIP (angl. Cleaning In Place) in je zelo učinkovit pri odstranjevanju organskih snovi, ki se nahajajo na kotlih, fermentorjih, rezervoarjih, filtrih in vseh pakirnih linijah. Koncentracije za odstranjevanje teh organskih snovi so običajno v območju 1 %. Koncentracija pa se razlikuje od vrste vode in količine organskih snovi v vodi. PBW je odlična izbira kot namakalno čistilo, saj ne zahteva velike količine toplote kot pri kavstičnih čistilih (Five star chemicals, b. l.).

Za kemijsko razkuževanje pivovarske opreme se pogosto uporabljajo fosforne anionske površinsko aktivne snovi (kislinska čistila), ki so preproste za uporabo in sorazmerno neškodljive.

Kislinska čistila, kot sta StarSan podjetja Five Star Chemicals in FinalStep podjetja Logic, so bila izdelana posebej za razkuževanje pivovarske opreme. Uporaba je preprosta, zahteva le 30 sekund kontaktnega časa in ne potrebuje splakovanja. Razkužila delujejo tako, da prodrejo skozi bakterijsko celično membrano in razbijejo celično steno. Belilo in jodofor bi ob preveliki koncentraciji dodala nenavaden okus. Raztopino lahko damo v pršilne stekleničke za nujno hitro razkuževanje. Pena je za razkuževanje enako učinkovita kot potopitev v raztopino.

Te raztopine imajo dolgo uporabno dobo in tudi odprta plastenka bo zdržala več dni. Če je zaprta, na primer v pršilni steklenički, bo rok trajanja nedorečen. Uporabnost raztopine se preverja glede na čistost raztopine, če je raztopina motna, ni več uporabna. StarSan je najbolj učinkovit, ko je vrednost pH pod 3,5. Če je vrednost pH raztopine nad 3,5, ta postane motna in izgubi baktericidne lastnosti. To je prav tako razlog, zakaj ne potrebuje izpiranja. Ko se fermentor in steklenica osušita in se ju napolni s sladom ali pivom, visok pH slada in piva nevtralizira zmožnosti razkuževanja in tako kvas ostane nespremenjen. Kljub ostanku velike količine pene v fermentorjih oziroma posodah ne bo imelo vpliva na fermentacijo ali okus. Treba je omeniti, da je razkužilno čistilo manj škodljivo za človeka kot pa belilo ali jodofor (Palmer, 2006).

3 OBSTOJEČE STANJE

3.1 OBSTOJEČA POMAGALA ZA DOMAČE PIVOVARJE

Najbolj osnovno orodje pivovarja za čiščenje steklenic je preprosta ščetka. Njen namen je, da seže v samo steklenico in mehansko očisti notranjost steklenice, kamor bi brez ščetke težko dosegli. Ščetka očisti le grobo umazanijo, s čimer steklenico pripravimo na nadaljnje čiščenje oziroma razkuževanje. Ker s ščetko lahko čistimo le eno steklenico naenkrat, je tako delo zelo zamudno, z izrabo ščetke pa tudi pada njena učinkovitost, saj se ščetine ob uporabi ukrivijo in ne pridejo v stik s celotno notranjo površino steklenice. Z uporabo tega sredstva ne porabimo le veliko časa, temveč tudi veliko fizičnega napora.



*Slika 2: Krtačka za ročno čiščenje steklenic
(Vir: Northern Brewer, b. l.)*

Naprava, ki vsaj delno olajša delo pivovarja, je tako imenovani izpiralec steklenic. Gre za pripravo, ki se namesti na običajno pipo, prek katerega vodo iz pipe pod tlakom brizgamo v steklenico. Tovrstni izdelki imajo običajno vgrajen protipovratni ventil, ki omogoča, da voda brizga le takrat, ko s steklenico pritisnemo nanj. Ta funkcija nedvomno olajša uporabo in preprečuje nezaželeno brizganje vode po delovnem prostoru.

Kljub praktičnemu snovanju ima izdelek še vedno svoje omejitve. Izdelek ni ekonomičen pri porabi vode glede na količino očiščenih steklenic, prav tako pa lahko pri krtački čistimo le eno steklenico naenkrat. Ker voda v steklenice brizga direktno iz pipe, ji ne moremo dodati detergenta, s čimer ne moramo zagotoviti zadostnega čiščenja površin. Izdelek je še najbolj učinkovit, če steklenice izperemo takoj, ko pivo natočimo v kozarec, saj se takrat groba umazanija, usedlina kvasa, izpere najlažje.



*Slika 3: Izdelek za brizganje vode v steklenice
(Vir: Adventures in Homebrewing, 2018)*

Prej navedena izdelka sta primarno namenjena čiščenju grobe umazanije, kot so usedline kvasa in neprebavljenega sladkorja. Zgolj z uporabo takšnih izdelkov ne moremo zagotoviti ustreznih pogojev za neoporečno proizvodnjo piva. Pred stekleničenjem piva moramo steklenice še ustrezno razkužiti.

Kot smo že omenili, steklenice običajno razkužimo z zato namenjenimi kislinskimi preparati. Za čim lažje operiranje s temi kemikalijami pa si lahko pomagamo z namenskim pršilnikom. Pršilnik je sestavljen iz rezervoarja za razkužilo in šobe. Ko steklenico pritismo na šobo, razkužilo iz rezervoarja brizgne v steklenico, višek pa steče nazaj v rezervoar. Kot v ostalih dveh primerih tudi tukaj lahko operiramo le z eno steklenico naenkrat.



Slika 4: Pršilnik za razkužilo
(Vir: More Beer, b. l.)

Kot sredstvo za steriliziranje lahko uporabimo toploto, pri čemer je izjemno prikladna rešitev kuhinjska pečica. Če steklenice zadosti časa izpostavimo zadostni količini toplote, lahko brez kemikalij steklenice ustrezno steriliziramo ob predpostavki, da so steklenice ustrezno očiščene. Čeprav lahko s to metodo brez fizičnega napora odstranimo vse mikroorganizme, porabimo veliko toplotne energije in časa. Tabela 1 prikazuje potrebne temperature in časovna obdobja za sterilizacijo steklenic.

Temperatura [°C]	Čas [h]
170	1
160	2
150	2,5
140	3
121	12

Tabela 1: Suha sterilizacija s toploto
(Vir: Palmer, 2006, str. 24)

3.2 NAPRAVE DOMAČIH MOJSTROV

Na spletnih pivovarskih forumih lahko zasledimo več različnih razprav, kjer je govora o mukotrpnem postopku ponovne uporabe steklenic. Prav zato se je že več pivovarjev odločilo, da si naredi tako imenovani pralnik za steklenice DIY (Do it yourself – naredi si sam), s katerim bi si olajšali ta postopek.

Enega izmed boljših primerkov opisuje uporabnik bford4567 s spletnega portala instructables.com, ki je svojo napravo izdelal iz PVC-ja. Naprava ima osnovo iz PVC-cevi, na katero so pritrjene manjše cevke, ki sežejo v steklenice. PVC-cevi so povezane na potopno črpalko, ki zagotavlja zadosti pretoka in črpalne višine, da tekočina doseže steklenice. Improvizirano držalo za steklenice pa je izdelano iz lesa. Celotna naprava je umeščena v plastično kad, ki je napolnjena s tekočino. Naprava je zasnovana, da lahko v enem ciklu očisti petindvajset steklenic.



*Slika 5: Naprava iz PVC-ja za čiščenje steklenic
(Vir: Instructables, 2016)*

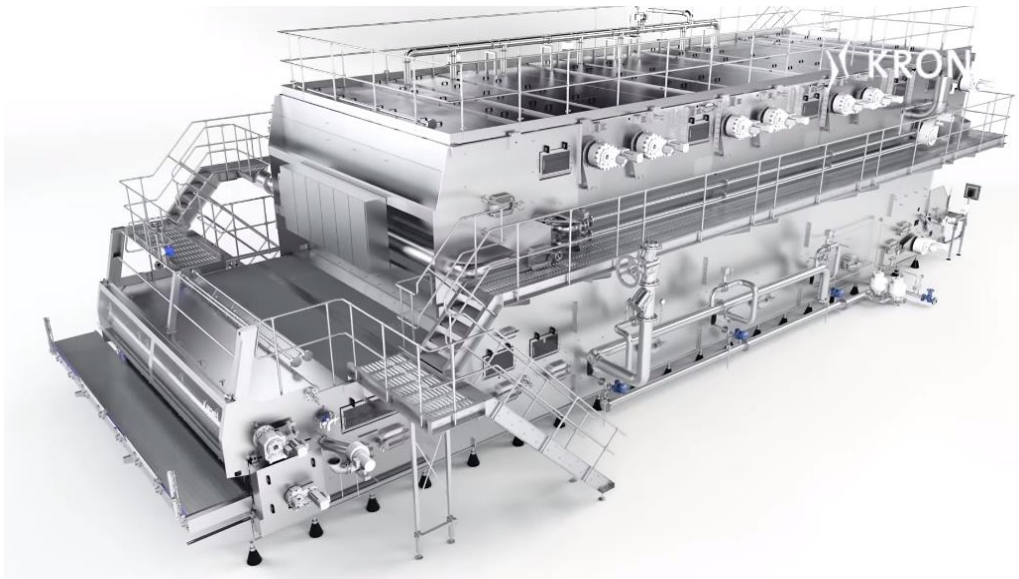
Podobno napravo je izdelal tudi uporabnik MalFet s portala Home Brew talk, ki je manjše cevi, ki sežejo v steklenice, nadomestil z bakrom. Poleg podobne zasnove je tu za razliko naprava umeščena v zabojnik za mleko, ki omogoča lažje posluževanje naprave. Napravo poganja podobna potopna črpalka, ki jo umestimo v kuhinjsko korito, prek katerega namestimo zabojnik. Tako lahko korito napolnimo z želeno tekočino, ki jo cirkuliramo prek črpalke v steklenice, od koder se izteka nazaj v korito, kjer jo lahko ponovno uporabimo.



*Slika 6: Domača naprave za čiščenje steklenic
(Vir: Homebrew Talk, 2013)*

3.3 INDUSTRIJSKE NAPRAVE ZA ČIŠČENJE STEKLENIC

Velike pivovarne, ki proizvajajo ogromne količine piva, ki segajo v bilijone litrov, na letni ravni potrebujejo učinkovite sisteme za čiščenje ogromnih količin povratne embalaže. Pralnik steklenic Lavatec D4/D5 nemškega proizvajalca Krones, katerega zmogljivost je procesirati od 20.000 do 135.000 steklenic na uro, je primer učinkovitega sistema, ki ga takšna pivovarna potrebuje.



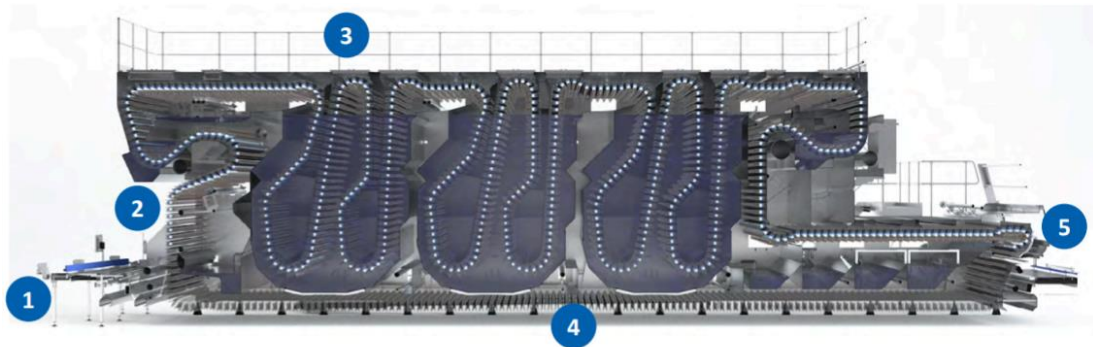
Slika 7: Krones Lavatec D4/D5
(Vir: Krones AG, 2017)

Skupna dolžina pralnika znaša 17 metrov, tehta preko 100 ton. S svojo čisto zasnovano in velikim deležem nerjavnega jekla dosega najbolj stroge higienske zahteve (Krones AG, 2010).

Da lahko ločujemo kontaminirane in čiste steklenice, je Lavatec zasnovan po tako imenovanem dvostranskem principu. Dovod in odvod steklenic se odvijata na različnih lokacijah in s tem zagotavljata najboljše možne higienske pogoje. Predpralni sistem segreje steklenice in odstrani kose stekla ter grobo umazanijo. Zatem steklenice tečejo skozi različne kavstične kopeli v vertikalnih zankah, s čimer se popolnoma odstrani umazanija in etikete. Preden steklenice zapustijo stroj, se jih ohladi v sekundarnih conah z manjšo količino vode, s čimer se odstranijo še preostale sledi umazanije in kavstičnih čistil (Krones AG, 2018a).

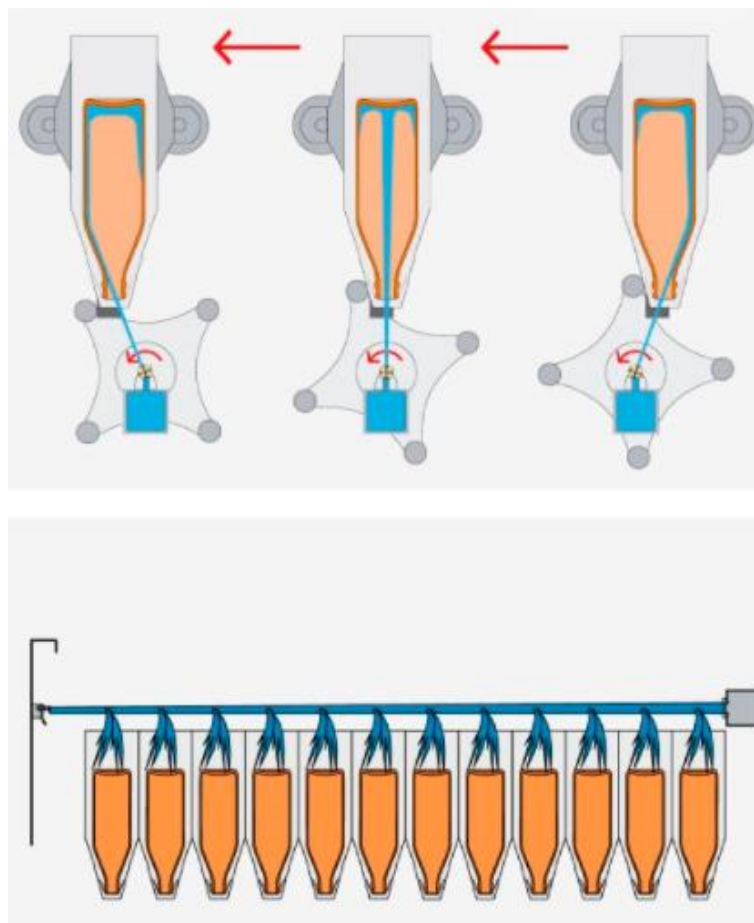
Ključni elementi naprave so predstavljeni na sliki 6 (Krones AG, 2018a):

1. dovod – dovod z zaščito pred preobremenitvijo za učinkovito dovajanje steklenic;
2. modularni predpralni sistem – učinkovito predpranje zagotavlja dolgo življenjsko dobo kavstični raztopini in minimizira uporabo sredstev;
3. modularne kavstične kopeli – enojne ali dvojne zanke z individualnimi temperaturnimi stopnjami in optimiziranim mehanskim notranjim čiščenjem;
4. cevni toplotni izmenjevalec – izmenjava toplote se vrši prek zunanjega cevnega toplotnega izmenjevalca;
5. sekundarna obdelava – sistem izpiranja steklenice z minimalno porabo sveže vode.



Slika 8: Razporeditev dvostranskega pralnika steklenic
(Vir: Kronos AG, 2018a)

Steklenice se znotraj očistijo prek rotirnih šob, katerih curek očisti notranjost z različnih kotov, zunanje čiščenje pa se vrši prek posebnih pršnih enot nad steklenicami (Kronos AG, 2018b).



Slika 9: Shema delovanja pralnih šob
(Vir: Kronos AG, 2018b)

3.4 KRITIČNA ANALIZA

Obstoječa pomagala za domače pivovarje so učinkovita in večkrat preizkušena. Kot smo že omenili, imajo pa poleg svojih plusov tudi minuse. Praktično vsi izdelki, s katerimi si lahko pomagajo domači pivovarji, so pri obdelavi omejeni na eno steklenico. To, da lahko naenkrat čistimo le eno steklenico, pomeni, da je opravilo časovno zelo zamudno in hkrati potrebuje veliko količino fizične energije. Tu se pojavi tudi problem, da moramo steklenice čistiti v dveh stopnjah. Po sistemu, ko najprej čistimo vsako steklenico posebej in nato cikel ponovimo ter še vsako steklenico posebej razkužimo, pravzaprav opravljamo neefektivno dvojno delo. Obstoječa oprema je sprejemljiva za uporabo v domačem pivovarstvu, kjer so količine majhne, je pa tu še veliko prostora za izboljšave, s katerimi bi bistveno olajšali in pospešili delo domačim pivovarjem.

Tako imenovani domači mojstri so prav tako ugotovili, da bi se dalo obstoječ sistem izboljšati. Tako so prišli do bolj ali manj uspešnih primerov, s katerimi so si olajšali delo. Večinoma gre še vedno za okorne in nezanesljive sisteme iz materialov, ki imajo omejen rok obratovanja. Nobeden izmed sistemov, ki smo jih zasledili, ne omogoča čiščenja na višji temperaturi, prav tako pa imajo neenakomeren pretok na brizgalnih šobah, zaradi katerih ne moremo zagotavljati konstantnih rezultatov. Takšne naprave delujejo za posameznika, ki je to napravo izdelal in so glede na finančni vložek zadovoljive, niso pa primerne za proizvodnjo in prodajo.

Industrijski sistemi poleg svoje učinkovitosti prinesejo tudi visoko ceno. Sistemi so prilagojeni industrijski količini obdelave, s čimer lahko podjetja tudi opravičijo visok začetni vložek. Kljub temu da poznamo večje in manjše sisteme, ki so predvsem namenjeni mikropivovarnam, tudi ti zasedejo veliko prostora in so finančno nedostopni tistim, ki jim pivovarstvo predstavlja hobi. Kljub temu lahko povzamemo določene principe in jih uporabimo v pomanjšanem obsegu.

4 PRAKTIČNI DEL

4.1 IZBIRA USTREZNEGA MATERIALA

Konstruktivske materiale se običajno izbira na podlagi njihove moči, elastičnosti, trdote, obstojnosti, nerjavnih lastnosti, enostavne proizvodnje, dobavljivosti in nizke cene. Pri konstruiranju opreme, ki se uporablja v živilski industriji, pa so higienske lastnosti materiala, kot so odpornost na rast bakterij, sposobnost čiščenja in inertnost v kontaktu s hrano, prav tako pomembne. Da lahko izberemo primeren konstrukcijski material za področja, ki bodo, in področja, ki ne bodo v stiku s hrano, mora proizvajalec opreme razumeti fizično, kemijsko in temperaturno obnašanje čim več

različnih materialov na trgu. Razumeti mora njegove higienske karakteristike in imeti vpogled v zakonodajo, regulativo ter standarde in smernice, ki se nanašajo na konstrukcijske materiale, uporabljene pri konstrukciji in proizvodnji opreme (Moerman in Partington, 2014).

Materiali za konstruiranje opreme za uporabo v prehrambni industriji, procesnih cevovodih in gospodinjskih aparatih morajo biti homogeni, higienični (so gladki, ne porozni, ne absorbirajo, netoksični, se jih preprosto čisti, so neprepustni in ne podpirajo rasti plesni), inertni (so nereaktivni na olje, maščobo, sol itd.), kemično odporni (nerjaveči, nerazgradljivi, ohranjajo enako površino po kontaktu s produktom, kemikalijami, čistili in razkužili), morajo biti fizično in mehansko stabilni ter preprosto vzdrževani (Moerman in Partington, 2014).

Zaradi dostopnosti, lahkega obdelovanja, nizke cene, raznovrstnosti in mnogo drugih lastnosti, ki smo jih navedli, je kovina najbolj primeren material za konstrukcijo našega izdelka.

Pri proizvodnji opreme za uporabo v prehrambni industriji se uporabljajo tako feritna kot neferitna jekla. Zlitine, ki pridejo v kontakt s hrano, pa smejo vsebovati le aluminij, krom, baker, zlato, železo, magnezij, mangan, molibden, nikelj, platino, silicij, srebro, kositer, titan, cinka, kobalt, vanadij in ogljik. Obdelava teh neferitnih in feritnih materialov ima velik vpliv na izbiro določenega konstrukcijskega materiala za specifično uporabo (Moerman in Partington, 2014).

Material	Detergenti ali razkužila						
	Blaga alkalna raztopina	Alkalna raztopina	Močna alkalna raztopina	Alkalna raztopina + NaOCl	Alkalna raztopina + NaOCl + zaviralec korozije	Blaga kislina + zaviralec korozije	Blago alkalno razkužilo
Ogljikovo jeklo	3	3	3	0	0	1	1
Lito železo	3	3	3	0	0	1	1
Nerjavno jeklo AISI 316	3	3	3	3	3	3	3
Nerjavno jeklo AISI 304	3	3	3	3/2	3	3	3
Pocinkano jeklo	2	2	1	1	2	1	1
Nikljano jeklo	2	2	2	2	2	2	2
Pobarvano jeklo	3	1	0	2/1	2/1	2	2

Ocena odpornosti	Nivo odpornosti	Kontaktni medij	Definicija
3	Visoka odpornost	Primerno za konstantno uporabo	Mehansko in vizualno brez vpliva
2	Dobra odpornost	Primerno za konstantno, vendar pogojno uporabo	Mehansko brez učinka, vizualno rahlo prizadeto
1	Nizka odpornost	Uporabno, vendar ne za kontinuirano uporabo	Mehansko in vizualno prizadeto
0	Brez odpornosti	Neuporabno	Hujša mehanska in vizualna škoda

Tabela 2: Kemijska odpornost kovin
(Vir: Moerman in Partington, 2014, str. 15)

Iz tabele 2 lahko razberemo kemijsko odpornost različnih kovin na različne alkalne in kisle raztopine. Razvidno je, da najvišje ocene dosega nerjavno jeklo. Nerjavno jeklo

je odporno praktično na vse podane parametre, z izjemo nerjavnega jekla AISI 304, ki le rahlo zaostaja za kakovostnejšim AISI 316.

Glavni elementi v vseh nerjavnih jeklih so železo, krom, molibden in nikelj, od katerih nobeden ni škodljiv za zdravje uporabnika. Pri konstrukciji opreme za uporabo v prehranski industriji se najpogosteje uporabljata avstenitna jekla krom-nikelj oziroma krom-nikelj-molibden. Nerjavno jeklo AISI SS 304(L) se lahko uporablja kot konstrukcijski material pri opremi za živilsko industrijo in v sistemih, ki imajo nizko količino klora (do 50 mg/l), skoraj nevtralni pH (med 6,5 in 8) in nizko temperaturo (do 25 °C). Zaradi njegove občutljivosti na natrijevhipoklorid in sol, ki je običajno prisotna v hrani, je njegova uporaba običajno omejena na zunanje površine opreme, motorje in električne omarice. Ker uporaba AISI SS 316(L) v primerjavi z AISI SS 304(L) predstavlja le manjši dodatni strošek, je AISI SS 316(L) najpogosteje uporabljen kot konstrukcijski material pri živilski opremi (Moerman in Partington, 2014).

Glede na predvidene kemikalije in produkte, ki jih bo uporabljala naša naprava, je najprimernejši material AISI SS 316(L).

316L je 18/8 (približno 18 % kroma, 8 % niklja) avstenitno nerjavno jeklo, legirano z dodatnih 2,5 % molbidna, ki zagotavlja boljšo korozivno odpornost in ima v primerjavi s tipom 304.316L izboljšano korozivno odpornost ter je izjemno odporen na sulfate, fosfate in druge soli (Global Metals, 2018).

316L

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %	N %
Min.	-	-	-	-	-	16.00	10.00	2.00	-
Max.	0.03	1.00	2.00	0.045	0.03	18.00	14.00	3.00	0.10

Tabela 3: Kemična analiza materiala 316L

(Vir: Global Metals, 2018)

316 (Annealed to ASTM A276)

Finish	Dia or Thickness mm	Tensile Strength MPa Min.	Yield Strength MPa min.	Elongation in 50mm % min.
Hot finish	All	515	205	40
Cold finish	≤12.7	620	310	30
Cold finish	>12.7	515	205	30

Tabela 4: Mehanske lastnosti materiala 316L

(Vir: Global Metals, 2018)

4.2 SNOVANJE IN KONSTRUIRANJE NAPRAVE

Snovanje in konstruiranje je miselni proces razvoja in preverjanja lastnosti novega izdelka s postavljenimi zahtevami znotraj danih omejitev. Proces snovanja se začne z določitvijo cilja, osnovne funkcije izdelka, stranskih funkcij oziroma želja ter z določitvijo omejitev. Snovanje in konstruiranje je proces, ki vodi do razvoja novih izdelkov, prav tako pa tudi do izboljšav in dopolnitev že obstoječih izdelkov (Božič, 2016).

Kot smo že omenili, je postavljeni cilj, da zasnujemo napravo, ki bo domačim pivovarjem olajšala čiščenje in dezinfekcijo steklenic. Zaradi ciljne skupine, ki bo uporabljala omenjeno napravo, moramo zagotoviti nizko ceno. V primeru previsoke cene naprava ne bo privlačna tistim, ki se s pivovarstvom ukvarjajo zgolj kot s hobijem. Poleg nizke cene moramo upoštevati tudi to, da mora biti naprava sorazmerno majhna in praktična za shranjevanje. Domači pivovarji imajo običajno omejen delovni prostor, zato naprava, ko ni v uporabi, ne sme zasesti preveč prostora. Ekonomična velikost in nizka cena pa vsekakor ne smeta vplivati na efektivnost naprave, zaradi katere se bodo kupci v prvi vrsti sploh odločili za nakup. Ob omenjenih omejitvah lahko pri snovanju in konstruiranju upoštevamo tudi zasnove in principe, ki so jih uporabljali drugi pivovarji, ter principe, ki se uporabljajo na industrijskem nivoju.

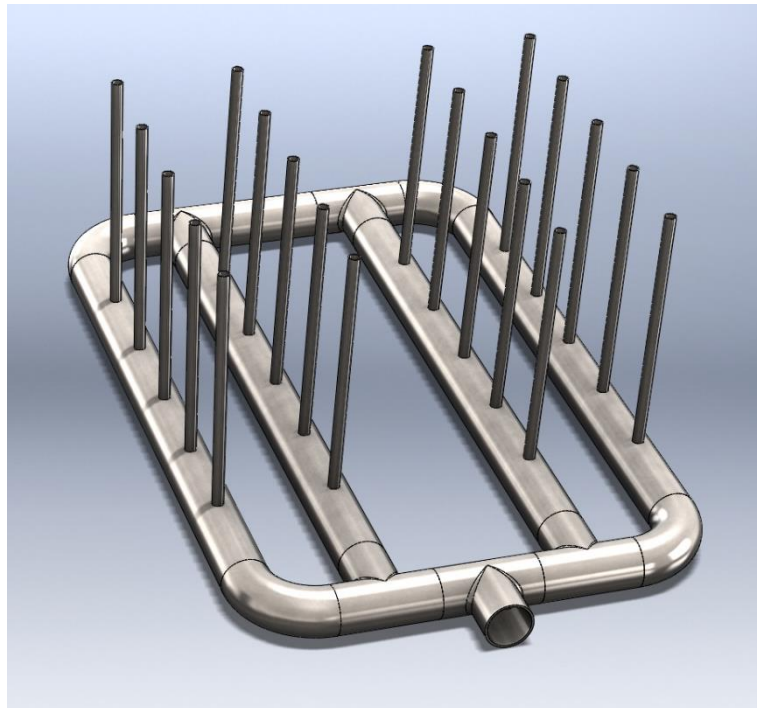
Nizko ceno lahko zagotavljamo na več načinov. Eden izmed teh je, da napravo skonstruiramo v taki obliki, da lahko pivovarji določeno opremo, ki jo že uporabljajo pri proizvodnji piva, uporabijo tudi pri delovanju omenjene naprave. Eden izmed najosnovnejših elementov pri kuhanju piva je posoda za kuhanje. Posoda je običajno večjih dimenzij (30 L), uporabimo pa jo lahko kot zalogovnik, v katerem imamo raztopljeno potrebno kemijo. Ob vsem tem lahko kemijo v posodi tudi preprosto segrejemo na želeno temperaturo. Če v proces čiščenja vključimo posodo, plinski ali električni grelec, lahko pri zasnovi naprave eliminiramo potrebo po dodatnem zalogovniku in grelcu. Samo s tem lahko občutno znižamo proizvodno ceno.

Ceno lahko dodatno znižamo tako, da pri konstrukciji naprave za osnovne elemente uporabimo standardizirane kose, kot so cevni loki in T-kosi standardnih dimenzij. Če uporabljamo standardne kose, izničimo potrebo lastni izdelavi osnovnih kosov in s tem prihranimo pri proizvodnem času ter pri nakupu dragih proizvodnih strojev. V kolikor kupujemo in ne proizvajamo osnovnih elementov, pa lahko ob večjih količinah tudi znižamo odkupno ceno.

Pri gabaritih naprave moramo upoštevati, da se napravo lahko ustrezno shranjuje, se ob tem ne poškoduje in ne zaseda nepotrebne prostora. Z omejitvijo dimenzij naprave smo omejeni tudi na količino steklenic, ki jih lahko očistimo z enim ciklom. Da je procesiranje steklenic ustrezno in ne prihaja do zmede, katere steklenice so očiščene in katere ne, je smiselna količina dvajset steklenic. Takšna količina je

smiselna, saj se ista količina steklenic nahaja v tipskem zabojniku za pivo. Tako lahko očistimo celoten zabojnik v enem pranju in na tak način preprečimo, da bi pomotoma med čiste steklenice zašla umazana.

Za princip delovanja naprave si lahko pomagamo s podobnim sistemom, kot smo ga opisali v poglavju o domačih mojstrih. Zasnovati moramo sistem, kamor bomo učinkovito dovajali ustrezne kemikalije skozi ustje steklenice proti njenemu dnu, kjer se nahaja največ umazanije. Z ekonomičnostjo naprave v mislih v poštev pride samo sistem, kjer prek črpalke v steklenice dovajamo kemikalije, nato te odteka v zbiralnik, od koder prek črpalke ponovno zaokrožijo.



*Slika 10: Cevni pralnik steklenic
(Lastni vir)*

Na sliki 10 lahko vidimo cevni pralnik steklenic, ki je bil skonstruiran po navdihu naprav, o katerih smo pisali v poglavju domačih mojstrov. Naprava je po obliki in delovanju podobna omenjenim napravam, hkrati pa je skonstruirana iz standardnih cevi in cevnih elementov, ki so izdelani iz primerne materiala (AISI 316L). Kot smo že omenili, uporaba ustreznega materiala zagotavlja odpornost na kemikalije in v tem primeru zagotavlja tudi veliko večjo robustnost ter obstojnost izdelka.

Naprava je sestavljena iz okroglih nerjavnih cevi (AISI 316L) po ISO 1127 dveh različnih dimenzij (33,7 x 1,6 [mm]; 8 x 1,0 [mm]), 90° cevni lokov (33,7 x 1,6 [mm]; R = 1,5 D) po DIN 11852 in T-kosov (33,7 x 1,6 [mm]) po DIN 2615. Kakovost in

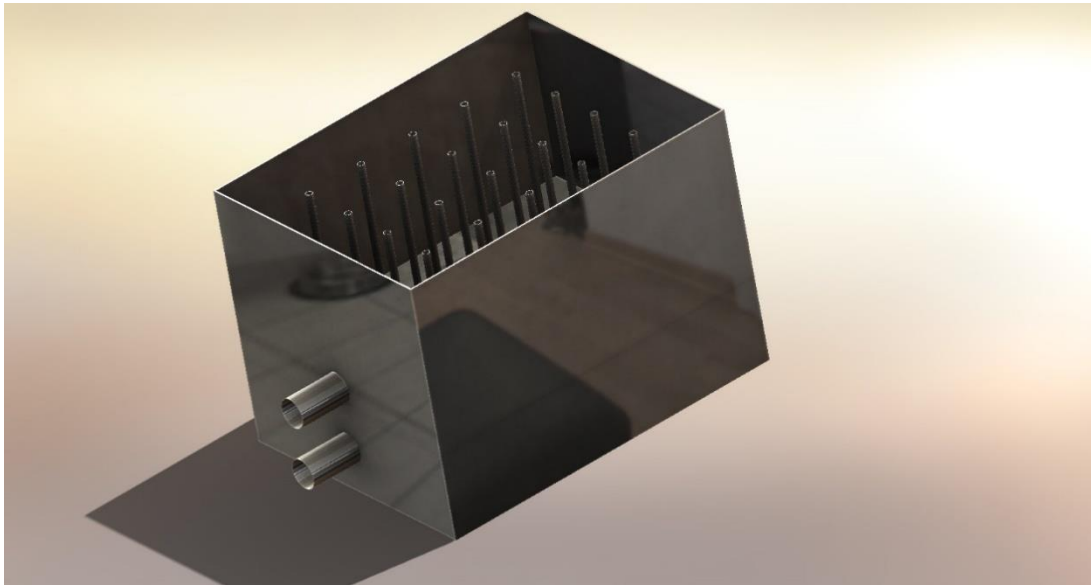
poreklo teh standardnih elementov in njihovega materiala pa lahko zagotavljamo tudi s certifikatom EN 10204/3.1.

Elementi se spajajo z varjenjem pod inertnim plinom z notranjo in zunanjo zaščito zvara po postopku TIG.

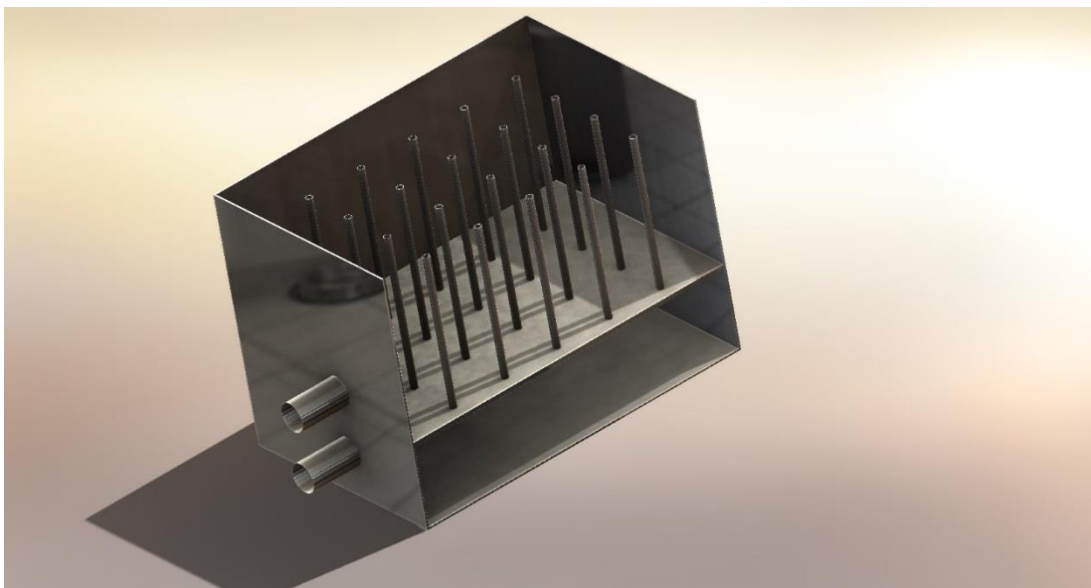
Princip delovanja takšne naprave je dokaj preprost, na priključek prek fleksibilne cevi priključimo črpalko, na tanjše cevke pa namestimo steklenice. Ko poženemo črpalko, voda prek šob brizga v steklenice in nato izteka skozi ustje steklenice.

Kljub temu da je cevni pralnik steklenic napredek od naprav domačih mojstrov, se pri tem dizajnu pojavljajo določene pomanjkljivosti. Najbolj očitna pomanjkljivost je, da pri omenjeni konstrukciji ne moremo učinkovito loviti izcejene tekočine iz steklenic. V kolikor bi želeli izcejeno tekočino ponovno uporabiti, bi pod napravo potrebovali dovolj veliko lovilno posodo. Z lovilno posodo in njeno podkonstrukcijo bi podražili lastno ceno izdelka, zmanjšali ergonomijo in preprostost uporabe. Dodatna konstrukcijska pomanjkljivost je, da ob tej obliki in razporeditvi šob ne bomo dobili enakomerne hitrosti pretoka tekočine skozi šobe. Bolj kot bodo šobe oddaljene od priključka, višja bo hitrost pretoka. S takšno razporeditvijo ne moremo zagotoviti, da bo naprava vseh dvajset steklenic očistila enako učinkovito. Problem bi lahko rešili tako, da bi reducirali dimenzijo cevi za vsako šobo in s tem učinkovito zmanjšali hitrost pretoka na šobah. Z dodatnimi cevni elementi (redukcijami) bi povečali ceno osnovnega materiala in zaradi dodatnih zvarov podaljšali čas izdelave ter s tem stroške varilca. Problem se pojavi tudi, če želimo natančno namestiti steklenico čez šobo. V primeru, da zgolj steklenico nasadimo na šobo, ta ne bo centrirana in ne bomo mogli zagotavljati enakomerne prerazporeditve tekočine. Če želimo rešiti podane probleme, bomo morali spremeniti konstrukcijo naprave.

Težavo z različnimi hitrostmi pretoka lahko rešimo, da skonstruiramo nizkotlačno posodo, na katero bi navarili šobe za steklenice. Na ta način bi poenotili hitrosti pretoka in tlake, preden bi tekočina dosegla šobe. Konstrukcijsko najlažji in najcenejši način, da to dosežemo, je, da nizkotlačno posodo skonstruiramo v obliko škatle, na katero nato navarimo šobe. S tem, ko na vrhu škatle dobimo ravno površino, lahko tudi izoblikujemo nosilce za steklenice, ki bodo omogočali centriranost steklenice na sredino šobe in zadosten dvig, da omogoča odcejanje tekočine skozi vrat steklenice. Preprosta škatlasta oblika nam omogoča, da stranice škatle podaljšamo in s tem ustvarimo korito, v katerem se bo zbirala in odvajala odvečna tekočina.



*Slika 11: Pralnik za steklenice v obliki škatle
(Lastni vir)*

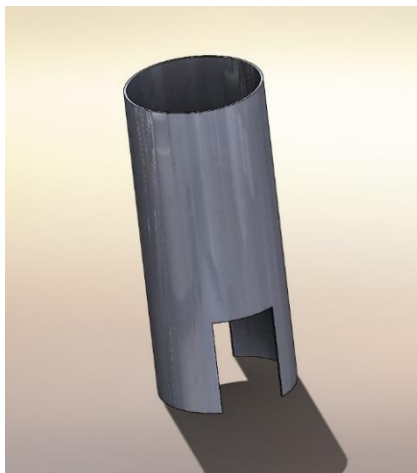


*Slika 12: Prerez pralnika za steklenice v obliki škatle
(Lastni vir)*

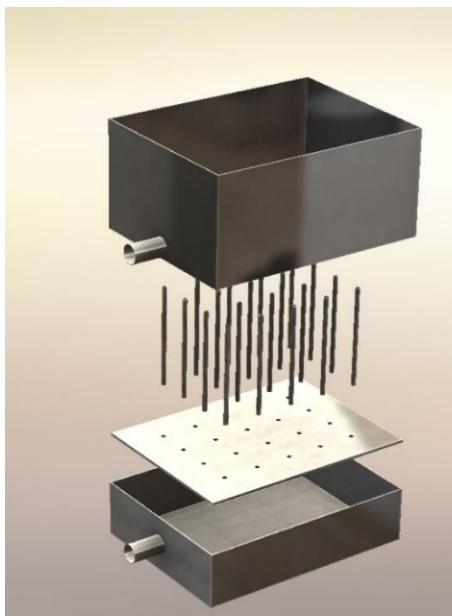
Kot lahko vidimo na slikah 11 in 12, smo s škatlasto obliko odpravili težavo z neenakomernimi hitrostmi pretokov, istočasno pa imamo tudi način, kako ponovno zbiramo odvečno tekočino in jo prek priključka odvajamo nazaj v zbiralnik. Na spodnji priključek pritrdimo fleksibilno cev, ki je pritrjena na obtočno črpalko, ki črpa tekočino v nizkotlačno posodo. Iz spodnje posode tekočina prek šob brizga v steklenice, od koder se tekočina izceja v zgornje korito. Zgornje korito ima prav tako priključek, na

katerega pritrdimo fleksibilno cev, skozi katero tekočina teče nazaj v zbiralnik oziroma lonec. Dimenzije so načrtno izbrane tako, da sovpadajo z dimenzijami standardnega zabojnika za pivske steklenice, s čimer olajšamo shranjevanje naprave.

Nosilci za steklenice so narejeni iz kosov nerjavne cevi 33,7 x 1,6 [mm] po ISO 1127 iz materiala AISI 316L ter na dnu prirezani, da omogočajo iztekanje tekočine. Po potrebi se za različne dimenzije steklenic lahko spremeni dimenzija cevi.



*Slika 13: Nastavek za steklenico
(Lastni vir)*

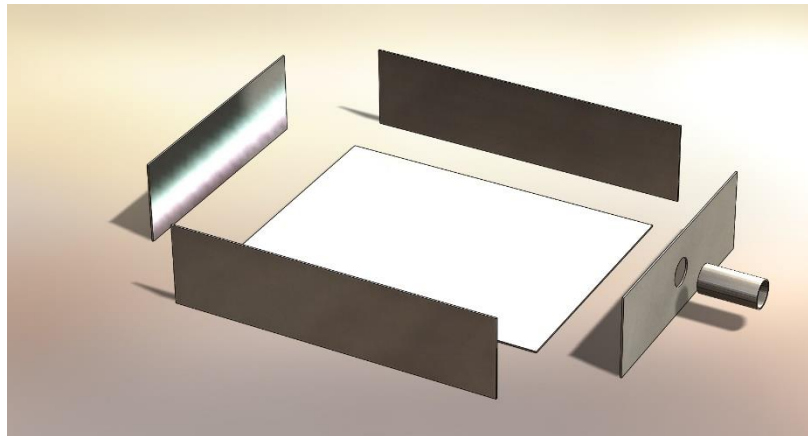


*Slika 14: Eksploziran pogled pralnika za steklenice
(Lastni vir)*

Konstrukcija pralnika je sestavljena iz štirih glavnih elementov:

- **spodnje posode:** spodnja posoda je izdelana iz petih plošč nerjavne pločevine debeline $s = 2$ mm in priključka za črpalko $33,7 \times 1,6$ po ISO 1127 iz materiala AISI 316L;
- **nosilne plošče:** nosilna plošča je izdelana iz nerjavnega jekla (AISI 316L) debeline $s = 5$ mm. Dodatno debelino nosilne plošče smo izbrali zato, da preprečimo večje deformacije pločevine ob varjenju šob na nosilno ploščo;
- **šobe:** šobe so izdelane iz kosov standardne cevi 8×1 [mm] po ISO 1127 iz materiala AISI 316L;
- **korita:** korito je sestavljeno iz štirih plošč nerjavne pločevine debeline $s = 2$ mm iz materiala AISI 316L.

Vsak konstrukcijski element se sestavlja posebej in nato spaja v ustreznem vrstnem redu.



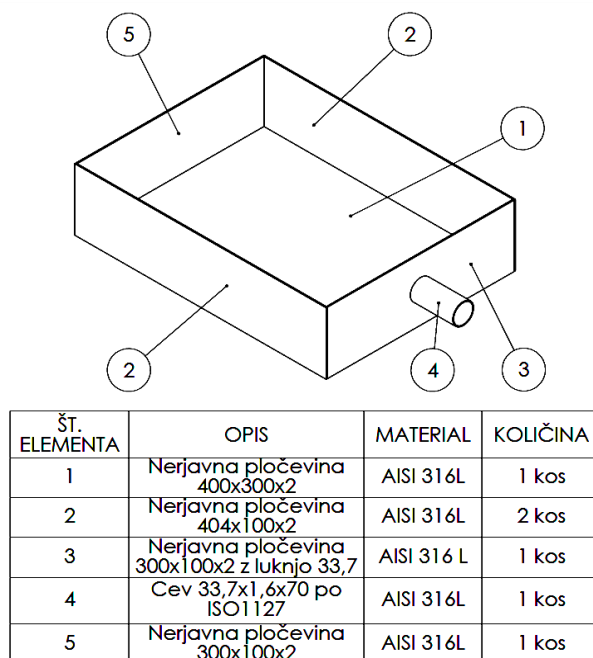
Slika 15: Konstrukcija spodnje posode
(Lastni vir)

4.3 TEHNOLOŠKI POSTOPEK PROIZVODNJE

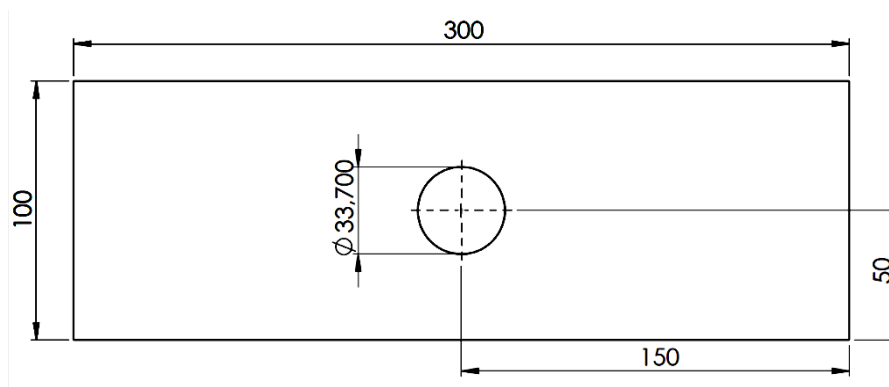
Če želimo pri proizvodnji naprave dosegati ponovljive rezultate, moramo definirati tehnološki postopek proizvodnje, kateremu lahko nato znova in znova sledimo. Naš izdelek bomo naredili s pomočjo treh različnih postopkov, in sicer z laserskim razrezom, rezanjem in varjenjem. Kot smo že omenili, je pralnik sestavljen iz štirih osnovnih elementov, ki jih bomo sestavljali med seboj v ustreznem vrstnem redu.

Sestavne dele spodnje posode bomo izdelali iz dveh različnih materialov. Sama konstrukcija škatle bo narejena iz petih kosov nerjavne pločevine debeline 2 mm. Omenjene kose pločevine bomo razrezali s pomočjo laserskega CNC-stroja. Z laserjem bomo prav tako izdelali luknjo dimenzije 33,7 mm v eno izmed stranic, ki bo služila kot priključek za črpalko. Priključek za črpalko pa je sestavljen iz 70-

milimetrskega kosa cevi 33,7 x 1,6 po ISO 1127. Ker se cevi dobavljajo v šestmetrskih kosih, moramo omenjeni 70-milimetrski kos odrezati s tračno žago. Sestavne dele, njihove dimenzije, materiale in količine lahko razberemo s slik 16 in 17.



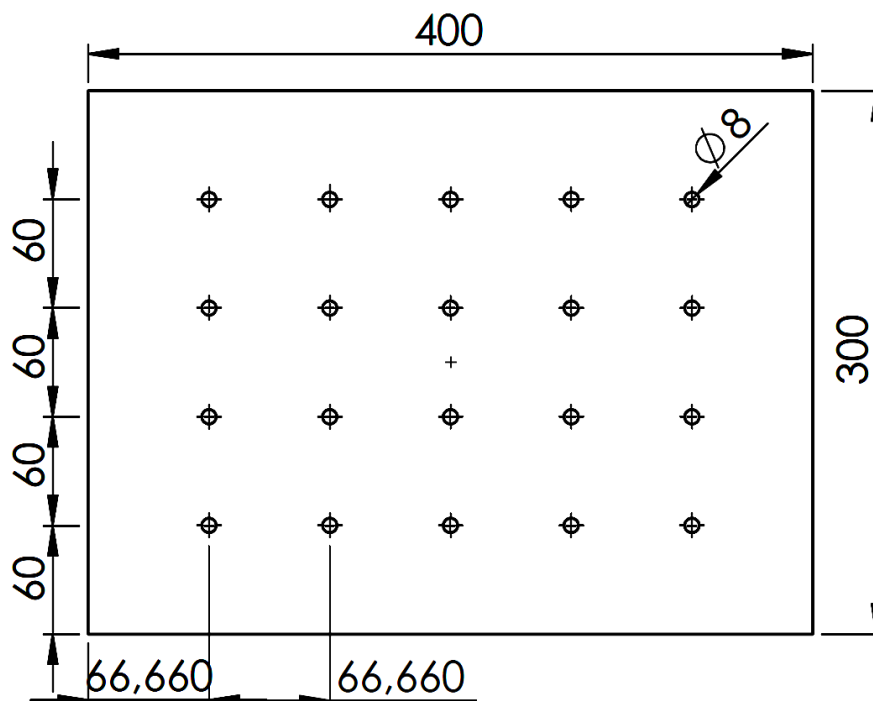
Slika 16: Kosovnica elementov spodnje posode
(Lastni vir)



Slika 17: Pozicija luknje za črpalko v mm
(Lastni vir)

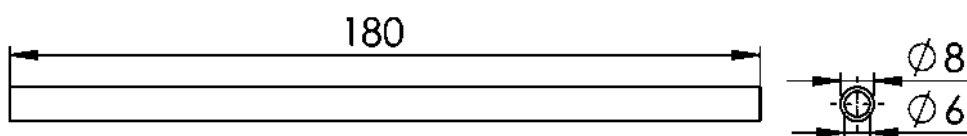
Nosilno ploščo prav tako izrežemo s pomočjo laserskega CNC-stroja. Pri nosilni plošči smo se odločili za debelejšo pločevino debeline 5 mm, saj bomo s tem minimizirali krivljenje in neželene raztezke pri varjenju šob. Pozicije šob so simetrične in

sovpadajo z razporeditvijo steklenic v standardnem zabojniku za pivo. Luknje za šobe lahko poleg laserskega izreza izdelamo tudi z vrtnim strojem.



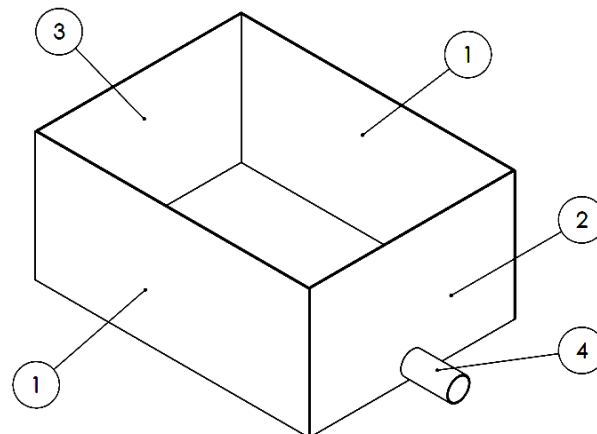
Slika 18: Dimenzije nosilne plošče v mm
(Lastni vir)

Za šobe bomo uporabili standardne cevi dimenzije 8 x 1 mm po ISO 1127, katere bomo s tračno žago narezali na dolžino 180 mm.



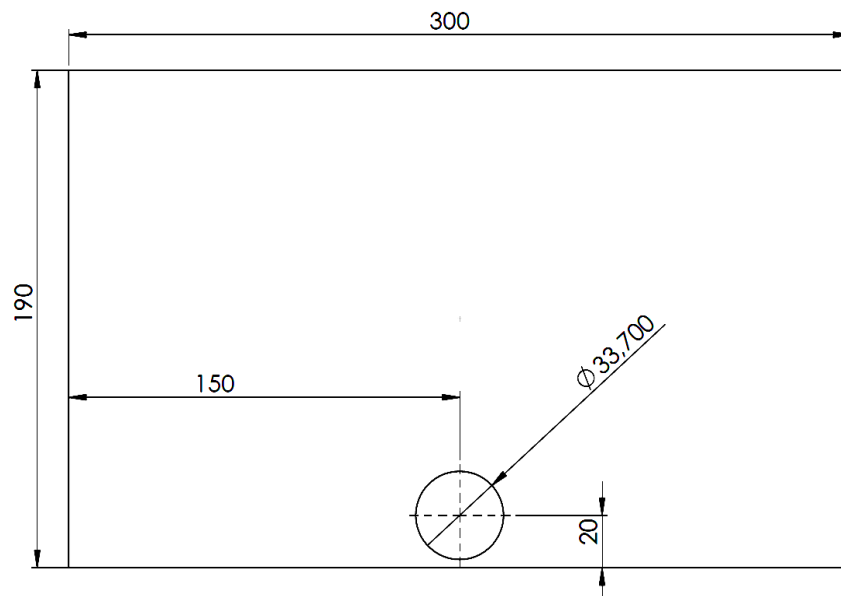
Slika 19: Dimenzije šobe v mm
(Lastni vir)

Različne stranice korita izdelamo s pomočjo laserskega CNC-stroja, priključek za odtok pa je izdelan iz 70-milimetrskega kosa cevi 33,7 x 1,6 po ISO 11207, katerega odrežemo s pomočjo tračne žage.



ŠT. ELEMENTA	OPIS	MATERIAL	KOLIČINA
1	Nerjavna pločevina 404x190x2	AISI 316L	2 kos
2	Nerjavna pločevina 300x190x2 z luknjo 33,7	AISI 316L	1 kos
3	Nerjavna pločevina 300x190x2	AISI 316L	1 kos
4	Cev 33,7x1,6x70 po ISO 1127	AISI 316L	1 kos

Slika 20: Kosovnica elementov korita
(Lastni vir)



Slika 21: Pozicija luknje za odtok
(Lastni vir)

Kot način spajanja elementov bomo uporabili varjenje po postopku TIG. TIG-varjenje je najpogostejša izbira varilcev pri varjenju nerjavne kovine. Varjenje mora izvajati kvalificiran varilec z ustreznimi certifikati in izkušnjami. Pri našem izdelku se srečujemo s posebno problematiko, saj varimo zelo tanek material. Pri tankih materialih lahko neizkušen varilec s previsokim tokom povzroči distorzijo in krivljenje zvarjencev ter celo luknje v zvarih. S to problematiko se lahko soočimo tako, da elemente spajamo pulzno.

Ko varimo pulzno, se varilni tok hitro izmenjuje med dvema nivojema, to sta višji tok, znan tudi kot pulzni tok, in nižji tok, znan kot tok v ozadju. V obdobju pulznega toka se območje varjenja segreje in spaja kovino. V obdobju nizkega toka se območje varjenja ohladi in strdi. Pulzno TIG-varjenje ima številne prednosti, kot je nižja vhodna temperatura, s čimer se zmanjša raztezanje in krivljenje pri tankih kosih. Poleg tega omogoča večjo kontrolo taline, povečuje globino vara, večjo hitrost varjenja in splošno kakovost (Rani in Marpu, 2012).

4.4 HIDRODINAMIČNI IZRAČUNI

Če želimo vedeti omejitve naše naprave, jih moramo izračunati na podlagi določenih predpostavk. Glavno omejitev naše naprave nam predstavljajo steklenice, ki jih čistimo. V primeru, da imamo črpalko s previsokim tlakom, se lahko zgodi, da nam sila curka na šobi steklenico odnese iz naprave. V primeru, da imamo črpalko s prevelikim pretokom, pa se lahko zgodi, da šoba v steklenico črpa večjo količino tekočine, kot jo je ustje steklenice sposobno odvajati.

Hitrost tekočine, ki teče iz steklenice, lahko izračunamo s pomočjo Bernoullijeve enačbe.

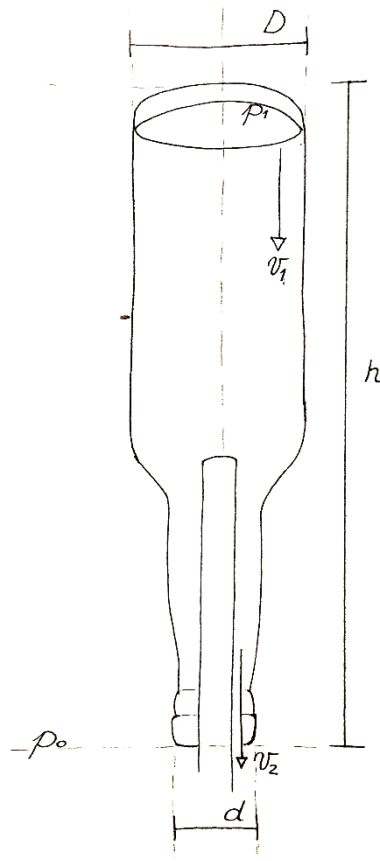
$$h = 240 \text{ mm}$$

$$d = 18 - 8 = 10 \text{ mm}$$

$$D = 55 \text{ mm}$$

$$p_1 = 0,024 \text{ bara}$$

$$p_2 = 0$$



Slika 22: Skica steklenice
(Lastni vir)

$$v_2 = \sqrt{\frac{2p_1}{\delta \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 * 0,024 * 10^5}{10^3 \left(1 - \left(\frac{10}{55}\right)^4\right)}} = 2,192 \frac{m}{s}$$

S tem, ko smo izračunali hitrost pretoka, lahko s pomočjo kontinuitete enačbe izračunamo največji pretok iz steklenice.

$$Q = v_2 * \frac{d^2 * \pi}{4}$$

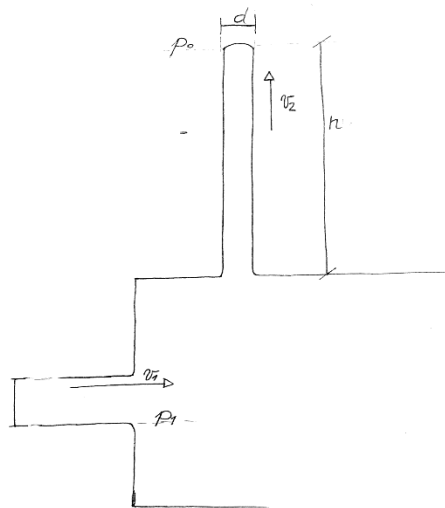
$$Q = 2,192 * \frac{0,01^2 * \pi}{4} = 1,721 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 0,1721 \frac{l}{s}$$

Če največji pretok po šobi pomnožimo z dvajset, dobimo največji pretok črpalke.

$$Q_{max} = Q * n_{steklenic}$$

$$Q_{max} = 1,721 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} * 20 = 12,391 \frac{m^3}{h}$$

Teža prazne pollitrške steklenice je približno 400 g. Če nočemo, da nam sila curka steklenico vrže iz pralnika, moramo izračunati najvišjo hitrost pretoka na šobi, katere sila ne bo premagala teže steklenice in jo odnesla iz naprave. Kljub temu da steklenica tehta približno 400 g, bomo predpostavili, da dovolimo najvišjo silo curka 3 N. Na podlagi prej dobljenega maksimalnega pretoka iz steklenice in predpostavljene najvišje sile curka lahko izračunamo maksimalno hitrost pretoka na šobi.



Slika 23: Skica naprave
(Lastni vir)

$$F_r = q_m * v$$

$$v = \frac{F_r}{q_m}$$

$$v = \frac{3}{0,1721} = 17,431 \frac{m}{s}$$

Na podlagi dobljene hitrosti pretoka lahko s pomočjo Bernoullijeve enačbe izračunamo potreben tlak, ki ga mora ustvarjati črpalka.

$$p_1 = \frac{v_2^2 * (\delta \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right))}{2}$$

$$p_1 = \frac{17,431^2 (10^5 (1 - (\frac{6}{30,5})^4))}{2} = 15169236,01 \text{ Pa} = 15,17 \text{ bar}$$

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko določimo teoretične limite, ki jih ima naša naprava, oziroma lahko določimo parametre naše teoretične črpalke.

$$Q_{max} = 12,391 \frac{m^3}{h}$$

$$H_{max} = 151,7 \text{ m}$$

V duhu naše zasnove, katere cilj je ohranjanje nizke cene, lahko opravimo izračune za eno izmed nizkocenovnih vrtnih črpalk. Za primer lahko vzamemo 600-vatno črpalko proizvajalca Einhell, tip BG-GP 636, ki ima maksimalni pretok 3600 litrov na uro in maksimalno črpalno višino 40 metrov.

$$P = 600 \text{ W}$$

$$Q_{max} = 3,600 \text{ m}^3/\text{h} = 1 \text{ l/s}$$

$$H_{max} = 40 \text{ m}$$

$$N_{steklenic} = 20$$

- Hitrost na šobi

$$v_2 = \sqrt{\frac{2p_1}{\delta \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 * 4 * 10^5}{10^3 \left(1 - \left(\frac{6}{30,5}\right)^4\right)}} = 28,305 \frac{m}{s}$$

- Pretok na šobi

$$Q_{šob} = \frac{Q_{max}}{n_{šob}}$$

$$Q_{šob} = \frac{1 \frac{l}{s}}{20} = 0,05 \frac{l}{s}$$

- Sila curka

$$F_r = q_m * v$$

$$F_r = 0,05 \frac{kg}{s} * 28,305 \frac{m}{s} = 1,415 N$$

4.5 CENA PROTOTIPA

Če želimo ugotoviti, ali smo pri konstruiranju naprave kljub funkcionalnosti ohranili nizko ceno izdelave, moramo sešteti vse stroške izdelave. Na podlagi pridobljenih ponudb za laserski razrez potrebnih kosov in za dobavo cevi smo sestavili tabelo 5. Iz tabele lahko razberemo ceno za vsako pozicijo in skupno ceno materiala, ki brez DDV znaša 198,57 €. V ceno prav tako niso všteti manipulativni in transportni stroški.

NAZIV IZDELKA	MATERIAL	KOLIČINA	CENA [€]
Nerjavna pločevina 300 x 190 x 2 z luknjo	316L	1 kos	15,82
Nerjavna pločevina 300 x 190 x 2	316L	1 kos	15,75
Nerjavna pločevina 404 x 190 x 2	316L	2 kosa	25,39
Nerjavna pločevina 400 x 300 x 2	316L	1 kos	21,44
Nerjavna pločevina 300 x 100 x 2 z luknjo	316L	1 kos	13,4
Nerjavna pločevina 300 x 100 x 2	316L	1 kos	13,3
Nerjavna pločevina 404 x 100 x 2	316L	2 kosa	18,96
Nerjavna pločevina 300 x 400 x 5	316L	1 kos	30,17
Cev 8 x 1 po ISO 1127	316L	6 m	8,64
Cev 33,7 x 1,6 po ISO 1127	316L	6 m	35,7
Cena skupaj (brez DDV)			198,57 €

*Tabela 5: Cene elementov naprave
(Lastni vir)*

Na ceno dobave ustreznega materiala moramo upoštevati še ceno izdelave. Če sami nismo ustrezno kvalificirani in akreditirani, bomo morali izdelavo naprave prepustiti kvalificiranemu varilcu. Urna postavka akreditiranega varilca na podlagi pridobljene ponudbe je 15 €/uro + DDV. Kalkulacija izdelave izdelka po omenjeni ponudbi pa je osem delovnih ur. Na podlagi ponudbe lahko definiramo ceno dela, ki znaša 120 € + DDV. Skupna cena izdelave prototipa tako znaša 318,57 € + DDV, ta cena pa ne zajema še dodatnih manipulativnih in transportnih stroškov.

Če bi napravo pričeli proizvajati v večjih količinah, bi tudi cena te padla na račun nakupa večjih količin materiala, s tem pa bi pridobili tudi večji popust na material. V kolikor pa bi sami vzpostavili proizvodnjo, kupili ustrezne stroje in zaposlili varilca, bi bila lastna cena izdelka še mnogo nižja. Pri končni maloprodajni ceni bi morali upoštevati še amortizacijo strojev in stroške plač.

Ceno izdelka smo lahko ohranili sorazmerno nizko, saj smo predpostavili, da ima pivovar zbiralno posodo oziroma lonec za kuhanje s plinskim gorilnikom že v lasti, saj je to osnovna oprema pivovarja. Napravo pa smo tudi skonstruirali na način, da jo lahko poganja tudi preprosta vrtna črpalka, katere cena tudi ni pretirana iz znaša 50–100 €.

4.6 NAVODILA ZA UPORABO NAPRAVE

Pred uporabo naprave preverimo celovitost naprave in morebitne poškodbe na napravi, ki bi lahko povzročile neželjeno iztekanje kemikalij. Napravo namestimo na stabilno podlago, kot je delovni pult. Na spodnji priključek namestimo gumijasto fleksibilno cev, ki jo pritrdimo z zatezno objemko in jo povežemo na tlačno stran obtočne črpalke. Na zgornji priključek naprave prav tako z zatezno objemko pritrdimo gumijasto cev, ki jo bomo namestili tako, da se bo lahko odpadna tekočina iztekala v zbiralno posodo. Sesalno stran črpalke z gumijasto cevjo povežemo tako, da bomo lahko črpali tekočino iz lonca. Pozorni moramo biti, da zalijemo črpalko in tako preprečimo suhi tek črpalke, s čimer bi lahko škodovali črpalki. Način zalivanja črpalke je odvisen od črpalke.

V bližino naprave postavimo plinski gorilnik oziroma drugi vir toplote (električna grelna plošča ali indukcijska plošča), na katerega namestimo lonec večjega volumna (minimalno 15 litrov). V loncu namešamo solucijo čistila PBW, in sicer za splošno čiščenje 7–14 g/l oziroma 21 g/l za intenzivno čiščenje. PBW je učinkovito čistilo, ki deluje pri vseh temperaturah, vendar je priporočljivo, da pri večji umazaniji raztopino segrejemo najmanj na 55 °C in največ do 80 °C. Raztopino segrejemo z želenim virom toplote, temperaturo pa nadziramo s termometrom. Preden začnemo raztopino cirkulirati prek naprave, moramo preveriti najvišjo dovoljeno obratovalno temperaturo naše črpalke, saj na ta način preprečimo nezaželene poškodbe.

Med segrevanjem solucije na šobe namestimo priložene nastavke za steklenice in na omenjene nastavke steklenice, ki jih želimo očistiti. Pri nameščanju steklenic moramo biti pozorni, da je šoba centrirana v sredini ustja steklenice.

Ko raztopino segrejemo na želeno temperaturo, zaženemo črpalko, ki iz lonca tekočino sesa in jo skozi napravo ter šobe brizga v notranjost steklenic, od koder odteka v korito in naprej skozi priključek nazaj v lonec. Tekočino cirkuliramo 30 minut, ob tem pa po potrebi dogrevamo raztopino na želeno temperaturo. V 30 minutah bo odstranjena vsa groba umazanija.

Po 30 minutah ustavimo črpalko in pustimo, da se tekočina izpere, po potrebi lahko napravo tudi nagnemo, da se odpadna tekočina ustrezno izpere. V lonec natočimo svežo vodo, ki jo nato cirkuliramo najmanj pet minut, da odstranimo še preostale sledi čistila PBW. Vodo ustrezno izperemo.

V lonec namešamo raztopino vode in dezinfekcijskega sredstva StarSan v razmerju 15–25 ml dezinfekcijskega sredstva na vsak liter vode. Dezinfekcijskega sredstva ni treba segreti. Sredstvo cirkuliramo eno minuto, nakar pustimo, da se sredstvo izteče iz steklenic. Steklenice so tako pripravljene, da jih napolnimo s pivom, saj omenjeno sredstvo ne potrebuje izpiranja z vodo. Po uporabi napravo izperemo z vodo.

5 ZAKLJUČEK

S povečanjem popularnosti domačega pivovarstva se nam odpira povsem nov neizčrpan trg kupcev, katerim lahko ponudimo izdelke, ki jim olajšajo manj privlačne aspekte njihovega hobija. Popularnost domačega pivovarstva lahko pripišemo porastu malih pivovarn, ki nam ponujajo kakovostnejša in »drugačna« piva, kot smo jih vajeni od komercialnih pivovarjev. Trg domačih pivovarjev pa je kot ciljna skupina problematičen, saj se posamezniki z omenjenim hobijem ukvarjajo neprofitno oziroma zato, ker je domače pivo cenejše in okusnejše od komercialnega ter veliko cenejše od tako imenovanega »craft piva«. Če želimo omenjeni ciljni skupini prodati izdelek, cena igra veliko vlogo pri odločitvi posameznika, ali naj izdelek kupi ali je cena previsoka, da bi lahko upravičil strošek.

Kot smo omenili v začetku diplomskega dela, je eden izmed časovno najbolj zamudnih in fizično najbolj napornih del čiščenje rabljenih steklenic. Domači pivovarji rabljene steklenice ponovno uporabljajo, saj na ta način prihranijo znaten del stroškov pri proizvodnji lastnega piva. Naprava, ki smo jo skonstruirali, ni esencialno orodje, ki ga domači pivovar potrebuje pri proizvodnji piva, temveč je luksuz, pomagalo, ki nam olajša trud in prihrani čas. Kot predstavljeno, imajo domači pivovarji na voljo dovolj izdelkov, ki zadostno opravljajo svojo nalogo, vendar ob predpostavki, da ta pomagala svoje naloge ne opravljajo dovolj učinkovito. To so omejitve, ki smo jih morali upoštevati pri zasnovi naprave. Cena naprave ne sme presegati psihološke meje, kjer bi si posameznik rekel, da za to ceno delo raje opravi sam.

Pri vsakem izdelku, ki ga ponudimo trgu, ne glede na ceno, kupec brezpogojno pričakuje, da naprava, ki jo je kupil, učinkovito opravlja svojo nalogo. Našo napravo smo skonstruirali na podlagi naprav, ki so jih naredili tako imenovani domači mojstri, in na podlagi naprav, ki se uporabljajo v industrijskem pivovarstvu. Principe delovanja omenjenih naprav smo aplicirali pri snovanju in konstruiranju naše naprave. Kljub temu da lahko zasledimo podobne naprave, smo pri zasnovi aplicirali lastno inženirsko znanje in na ta način izboljšali amaterske poskuse reševanja tega problema. Pri predispoziciji, da naprava deluje učinkovito, smo oblikovali izdelek, ki je izdelan iz najustreznejšega materiala, vendar kljub temu zasnovan tako, da je količina materiala minimalna in s tem tudi cenovno ugodna. Korektno izbiro materiala smo izbrali na podlagi različnih raziskav in s tem zagotovili, da bo izdelek ob pravilni

uporabi tako rekoč več en in nanj ne bodo vplivale kemikalije, ki jih potrebujemo za ustrezno delovanje naprave. Na podlagi teorije dinamike fluidov smo ugotovili, zakaj obstoječe zasnove niso ustrezne, in predlagali lastno rešitev, podprto z izračuni, ki zagotavljajo ponovljive rezultate. Skladno z izbiro materiala smo določili ustrezen tehnološki postopek. V našem primeru smo osnovne elemente izdelali iz nerjavne pločevine, ki smo jo na ustrezne dimenzije izrezali s pomočjo laserskega rezalnika, preostali elementi pa so izdelani iz standardnih cevi, ki smo jih na ustrezno dimenzijo izrezali s pomočjo tračne žage. Glede na izbiro materiala smo določili tudi ustrezen postopek spajanja, in sicer pulzno TIG-varjenje, ki je najprimernejše za spajanje tanke pločevine.

Tu je smiselno omeniti, da smo kljub omenjeni sterilizacijski napravi v naslovu tekom naloge ugotovili, da v pivovarstvu sterilizacija ni potrebna, zato bi bil bolj primeren izraz čistilna in dezinfekcijska naprava.

Eden izmed pomembnejših aspektov konstrukcije, s katero smo se spopadali, pa so tudi dimenzije naprave. Domači pivovarji, ki imajo redko prostor namenjen le za varjenje piva, stremijo k temu, da lahko svojo opremo ekonomično skladiščijo. Naprave, ki so na voljo na trgu, sicer namenjene malim pivovarjem, običajno zasedejo znatno količino prostora, česar si nekdo, ki svojo klet ali celo kuhinjo uporablja še za druga opravila, ne more privoščiti. Z idejo o ekonomičnem skladiščenju smo našo napravo oblikovali tako, da njene dimenzije ne presegajo velikosti standardnega povratnega zabojnika za pivo. Tako naprava uporabniku ne zaseda nepotrebnega prostora nič bolj, kot bi uporabniku zasedlo dvajset standardnih pollitrskih steklenic. V primerjavi z ostalimi podobnimi napravami, ki jih lahko zasledimo, ima naša naprava v samo konstrukcijo zajeto tudi korito, s čimer eliminiramo potrebo po sekundarnih elementih in s tem izboljšamo ergonomijo naprave ter olajšamo uporabo.

Na podlagi ponudb dobaviteljev in izvajalcev smo lahko določili ceno prototipa, ki je praviloma večja od dejanske cene proizvodnje, vendar kljub temu sorazmerno nizka za profesionalen izdelek. Naprava zajema vse zahteve, ki smo si jih zadali na začetku naloge. Ne samo, da smo dobili funkcionalen izdelek, temveč imamo tudi napravo, katere delovanje je teoretično podprto v obliki izračunov in navodil za uporabo. Če je cena naprave ustrezna za uporabo v domačem pivovarstvu, pa lahko odgovori le trg sam.

6 LITERATURA IN VIRI

Adventures in Homebrewing. (26. 1. 2018). *Jet bottle and carboy washer*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova https://www.homebrewing.org/Jet-Bottle-and-Carboy-Washer_p_996.html.

Božič, S. (2016). *Zapiski predavanj: Tehniški predpisi in načrtovanje proizvodov*. Neobjavljeno delo.

Five star chemicals. (b. l.). *P.B.W. environmentally friendly, caustic replacement with multiple uses*. Pridobljeno 23. 1. 2018 z naslova <http://www.fivestarchemicals.com/wp-content/uploads/PBWTech.pdf>.

Global Metals. (29. 1. 2018). *Stainless steel 316/316L*. Pridobljeno 29. 1. 2018 z naslova http://www.globalmetals.com.au/_pdf/Stainless_Steel/Stainless_Steel_316.pdf.

Grabianowski, E. (2006). *How dishwashers work*. Pridobljeno 22. 1. 2018 z naslova <https://home.howstuffworks.com/dishwasher.htm>.

Homebrew Talk. (14. 1. 2013). *MalFet's bottle washer for lazy homebrewers*. Pridobljeno 26. 1. 2018. z naslova <https://www.homebrewtalk.com/forum/threads/malfets-bottle-washer-for-lazy-homebrewers.381452/>.

Instructables. (31. 1. 2016). *Bottle washers*. Pridobljeno 31. 1. 2016 z naslova <http://www.instructables.com/id/Bottle-Washer/>.

Krones AG. (11. 2. 2010). *Krones Bottle washer double-end strategy*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <https://www.youtube.com/watch?v=a1f01aF2h8w&t=2s>.

Krones AG. (14. 2. 2017). *Krones Lavatec D4/D5 - Compact machine for washing bottles*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <https://www.youtube.com/watch?v=otWtPRgWVJA>.

Krones AG. (2018a). *Double-end bottle washers*. Krones. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova https://www.krones.com/media/downloads/lavatec_d_en.pdf.

Krones AG. (2018b). *Lavatec D4/D5. Direct industry*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <http://pdf.directindustry.com/pdf/krones/lavatec-d4-d5/7266-403239.html#search-en-krohne-lavatec>.

Moerman, F. in Partington, E. (2014). *Materials of construction for food processing equipment and services: requirements, strengths and weaknesses*. *Journal of hygienic engineering and design*, 6, 10–37. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <http://www.jhed.mk/filemanager/JHED%20Vol%206/01.%20HED/02.%20Frank%20Moerman.pdf>.

More Beer. (b. l.). *Economy sanitizer injector for stationary bottle tree*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <https://www.morebeer.com/products/economy-sanitizer-injector-stationary-bottle-tree.html>.

Northern Brewer. (b. l.). *Bottle brush*. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <https://www.northernbrewer.com/beer-bottle-brush>.

Palmer, J. J. (2006). *How to brew: ingredients, methods, recepies, and equipment for brewing beer at home*. Boulder, Colorado: Brewers Publications.

Rani, I. in Marpu, R. N. (2012). Effect of pulsed current tig welding parameters on mechanical properties of j-joint strength of Aa6351. *The international journal of engineering*, 1(1), 01–05. Pridobljeno 26. 1. 2018 z naslova <http://www.theijes.com/papers/v1-i1/A011001005.pdf>.

PRILOGE

Priloga 1: Delavniška risba za laserski razrez spodnje posode.

Priloga 2: Delavniška risba za laserski razrez korita.

Priloga 3: Delavniška risba za laserski razrez nosilne plošče.

Priloga 4: Delavniška risba šobe.

Priloga 5: Delavniška risba priključkov za črpalko in odtok.

Priloga 6: Delavniška risba nosilca za steklenico.

Priloga 7: Kosovnica naprave.