

HIDROPONIKA

Gojenje rastlin brez prsti

Osnove, sistemi in praksa za slovenskega pridelovalca

dr. Blaž Germšek

germsek.com

Kazalo vsebine

1	Uvod	4
1.1	Kaj je hidroponika	4
1.2	Namen hidroponike	5
2	Kratka zgodovina hidroponike	6
3	Prednosti in slabosti hidroponike	8
3.1	Prednosti	8
3.2	Slabosti in omejitve	8
4	Rastlina in pogoji za rast	10
4.1	Voda	10
4.2	Svetloba	10
4.3	Zrak in kisik	10
4.4	Mineralna hranila	10
4.5	Opora koreninam	11
5	Hranila in hranilna raztopina	12
5.1	Makrohranila	12
5.2	Mikrohranila	12
5.3	Električna prevodnost (EC)	12
5.4	Kislost raztopine (pH)	13
5.5	Kakovost vode	13
5.6	Priprava hranilne raztopine	13
5.7	Odprti in zaprti sistemi	14
6	Gojišča (substrati)	15
6.1	Anorganska gojišča	15
	Kamena volna	15
	Perlit in vermikulit	15
	Ekspandirana glina (glinopor)	15
	Pesek, gramoz in steklena volna	15
6.2	Organska gojišča	15
	Kokosova vlakna	15
	Šota	15
	Žagovina	16
6.3	Izbira gojišča	16
7	Hidroponski sistemi	17
7.1	Razdelitev sistemov	17
7.2	Plavajoči sistem (vodna kultura)	17
7.3	Tehnika hranilnega filma (NFT)	18
7.4	Kapljični sistem (drip) in gojenje na gojiščih	18
7.5	Poplavljanje in osuševanje (plimni sistem)	19

7.6 Stenjski (knotni) sistem	19
7.7 Gojenje na ravni podlagi (PPH)	19
7.8 Vertikalni sistemi	20
7.9 Aeroponika	20
8 Voda in namakanje	21
9 Okolje v zavarovanem prostoru	22
9.1 Temperatura	22
9.2 Svetloba in osvetljevanje (LED)	22
9.3 Zračna vlaga	23
9.4 Ogljikov dioksid (CO ₂)	23
10 Vzgoja sadik	24
11 Hidroponsko gojenje izbranih rastlin	25
11.1 Solata in druge solatnice	25
11.2 Motovilec in rukola	25
11.3 Paradižnik	25
11.4 Paprika	26
11.5 Kumare	27
11.6 Dinje in lubenice	27
11.7 Jagode	27
11.8 Zelišča	27
11.9 Rezano cvetje (vrtnice in nageljni)	27
12 Varstvo rastlin	29
12.1 Higiena in preprečevanje	29
12.2 Najpogostejše bolezni	29
12.3 Najpogostejši škodljivci	29
12.4 Integrirano varstvo rastlin	29
13 Akvaponika	30
14 Prihodnost hidroponike: vertikalno in mestno kmetijstvo	31
14.1 Vertikalno kmetijstvo	31
14.2 Mestno in povezano kmetijstvo	31
14.3 Pomen za Slovenijo	31
15 Sklep	32
16 Viri in literatura	33

1 Uvod

Kot kaže, bo v prihodnosti večina hrane pridelana v zavarovanih prostorih in na neklasičen način, torej drugače kot z gojenjem v zemlji oziroma na poljih. Podnebne spremembe, vse manj rodovitne obdelovalne zemlje, pomanjkanje vode in vse strožje zahteve trga po enakomerni, visoko kakovostni in zdravstveno neoporečni hrani silijo pridelovalce, da iščejo nove poti. Ena izmed teh poti je hidroponika.

Zaradi povečanega interesa slovenskih pridelovalcev po doseganju visoko kakovostnih plodov z velikimi pridelki na neto pridelovalno površino (m² ali ha) ter vedno večjih težav, ki jih povzroča premajhen kolobar, sem se odločil, da napišem knjigo, v kateri bom predstavil osnove hidroponike. V njej si bodo vsi zainteresirani lahko pridobili osnovno znanje in preko knjige uspešno vstopili v svet tehnike gojenja rastlin brez prsti oziroma zemlje.

Knjiga je zasnovana tako, da vodi bralca od osnovnih pojmov do praktične izvedbe. Najprej spoznamo, kaj hidroponika sploh je in zakaj se je razvila, sledijo poglavja o rastlinskih potrebah, hranilni raztopini, gojiščih (substratih) in hidroponskih sistemih, nato pa še praktična navodila za gojenje posameznih vrtnin in cvetja, varstvo rastlin ter pogled v prihodnost. Cilj ni, da bi iz bralca naredil raziskovalca, temveč da mu da dovolj znanja za odločitev, ali in kako se hidroponike lotiti, pa naj gre za radovednega vrtničarja, ki želi sveža zelišča na okenski polici, ali za pridelovalca, ki razmišlja o tehnološki posodobitvi svojega rastlinjaka.

Hidroponika ni čarovnija in ni bližnjica mimo bioloških zakonitosti rasti. Je predvsem natančnejši način gojenja, pri katerem rastlini damo točno to, kar potrebuje, takrat ko to potrebuje. Prav natančnost je tisto, kar to tehniko dela tako učinkovito – in hkrati tisto, kar od pridelovalca zahteva nekaj več znanja in discipline kot pridelava v zemlji. Upam, da bo ta knjiga to znanje približala dovolj jasno, da bo dilema med trdom in pridelkom za marsikoga rešena v prid hidroponike.

1.1 Kaj je hidroponika

Hidroponika je tehnologija gojenja rastlin v hranilni raztopini – v vodi, v kateri so raztopljena točno določena hranila ustrezne koncentracije – z uporabo umetnih gojišč ali brez njih. Med gojišča, ki rastlini nudijo oporo, štejemo pesek, gramoz, vermikulit, kameno volno, perlit, stekleno volno, kokosova vlakna ali žagovino. Rastline torej ne posadimo v prst, kot je to v navadi, ampak ji vodo in hranila dovajamo neposredno do korenin.

Že sama beseda hidroponika izhaja iz dveh grških besed: hydro pomeni voda, ponos pa delo. Izraz nam tako dodatno pojasni, da gre za tehniko gojenja rastlin, ki sloni predvsem na vodni osnovi in na delu. Ta način gojenja je razširjen po vsem svetu in prav na njem temelji vedno večja pridelava sveže zelenjave, v zadnjem času pa tudi svežega sadja visoke kakovosti.

Skrivnost hidroponike v resnici ni tako velika, kot se zdi na prvi pogled. Tudi gojenje lončnic je v bistvu preprost hidroponski sistem: rastlino posadimo v lonček s prstjo, ta se hitro izčrpa, in če ne bi dodajali vode in hranil, bi rastlina kmalu propadla. Hidroponika gre le korak dlje – prst kot rezervoar hranil nadomesti z nadzorovano hranilno raztopino, prepušča pa naravne procese fotosinteze, dihanja in rasti povsem nedotaknjene.

Pri hidroponiki ima beseda gojišče (substrat) drugačno vlogo kot zemlja na njivi. Gojišče rastlini praviloma ne daje hranil, ampak predvsem fizično oporo koreninam ter ustrezno razmerje med vodo in zrakom v koreninskem območju. Vsa hranila pridejo iz hranilne

raztopine, ki jo pripravi in nadzira pridelovalec. Prav v tem je bistvena razlika med pridelavo v zemlji in hidroponiko: na njivi je rodovitnost tal dana in jo le delno popravljamo, v hidroponiki pa rodovitnost v celoti ustvarimo sami.

1.2 Namen hidroponike

Osnovni namen hidroponike je pridelati več kakovostne hrane na manjši površini, z manjšo porabo vode in z večjim nadzorom nad pogoji rasti. Ker rastlini ni treba s koreninami iskati hranil po zemlji in ker dobi vodo in hranila v lahko dostopni obliki, lahko vso energijo usmeri v rast nadzemnih delov in plodov. Posledica so hitrejša rast, zgodnejši pridelek in praviloma večji donosi kot pri klasičnem gojenju.

Drugi pomemben namen je neodvisnost od kakovosti tal. Hidroponiko lahko postavimo tam, kjer pridelava v zemlji ni mogoča ali je otežena – na slabih, zasoljenih ali onesnaženih tleh, na strmih in kamnitih legah, na strehah mestnih stavb, v puščavskih območjih in celo na ladjah ali v oddaljenih postajah. To je v slovenskem prostoru še posebej pomembno, saj velik del kmetijskih zemljišč leži na območjih z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost, kjer je intenzivna pridelava v tleh težavna.

Tretji namen je obvladovanje težav, ki jih prinaša premajhen kolobar. Pri stalni pridelavi iste vrste na istih tleh se v zemlji kopičijo talne bolezni in škodljivci, tla se utrudijo, pridelki padajo. Hidroponika ta krog prekine, saj gojenje ni vezano na zemljo; gojišče lahko po vsaki kulturi razkužimo ali zamenjamo, hranilno raztopino pa prilagodimo vsaki rastlini posebej. Tako lahko isto vrsto, na primer paradižnik ali solato, na isti površini pridelujemo vrsto za vrsto, ne da bi pridelek upadal.

Ne nazadnje je namen hidroponike tudi varčevanje z viri in varovanje okolja. V zaprtih (recirkulacijskih) sistemih hranilno raztopino zbiramo in znova uporabimo, zato porabimo bistveno manj vode in gnojil kot pri pridelavi v tleh, hkrati pa preprečimo izpiranje hranil v podtalnico. V času, ko sta voda in čisto okolje vse dragocenejša, je prav to ena najmočnejših prednosti te tehnike.

2 Kratka zgodovina hidroponike

Gojenje rastlin brez klasične zemlje je staro veliko več, kot bi pričakovali. Čeprav je beseda hidroponika mlada, segajo njene korenine v davnino – nekateri jo povezujejo celo z viseimi vrtovi Babilona, enim od sedmih čudes antičnega sveta, kjer naj bi rastline oskrbovali z dovajano vodo, in z gojenjem riža na poplavljenih poljih, ki je staro toliko kot poljedelstvo samo.

Prvi resnično znani primer gojenja rastlin na vodni osnovi so plavajoči vrtovi – chinampe – na jezeru Texcoco v današnji Mehiki. Na njih so azteški vrtnarji pridelovali koruzo, solato, fižol, papriko, paradižnik in okrasno cvetje, in to v takšnem obsegu, da so prehranjevali četrto milijona prebivalcev mesta Ciudad de México. Ob prihodu so Španci te vrtove povsem spregledali; v slepi gonji za zlatom so za seboj puščali le uničenje, pri tem pa so se izgubili tudi vsi zapisi, tako da danes ne vemo niti, kdaj so Azteki s tem načinom kmetovanja sploh začeli. Podobni plavajoči vrtovi so se ohranili tudi v Kašmirju v Indiji.

Začetki laboratorijske hidroponike segajo približno tri stoletja nazaj. Angleški naravoslovec John Woodward je v upanju, da bo odkril, od kod rastlina dobiva hrano – iz vode ali iz prsti – gojil rastline v vodi z različnimi dodatki. V 19. stoletju sta nemška raziskovalca Julius von Sachs in Wilhelm Knop razvila prve uravnotežene raztopine mineralnih soli, v katerih so rastline uspevale brez zemlje. S tem je bila postavljena znanstvena podlaga tako imenovane vodne kulture, na kateri sloni vsa današnja hidroponika.

Iz laboratorija na prosto je gojenje rastlin v vodi prenesel dr. William F. Gericke s kalifornijske univerze. Leta 1929 je v cevi z vodo vzgojil paradižnik, visok skoraj sedem metrov, ki ga je moral obirati z lestve. Prav Gericke je za novo tehniko skoval ime hidroponika in z odmevnimi rezultati v tridesetih letih 20. stoletja sprožil val zanimanja po vsem svetu.

Močan zagon je hidroponiki, nekoliko presenetljivo, dala druga svetovna vojna. Zavezniške enote so na pacifiških otokih, kjer ni bilo rodovitne zemlje, na vojaških oporiščih pridelale na milijone ton sveže zelenjave prav s hidroponiko. Po vojni, leta 1948, so angleški znanstveniki to tehniko prenesli med revne prebivalce Bengalije, ki so imeli malo ali nič zemlje. Njihovo vodilo je bilo preprosto: zapletene znanstvene metode poenostaviti tako, da bo pridelava zelenjave brez prsti postala poceni in dostopna vsakomur.

Bengalski način je bil res preprost. Zabojnike so sestavili iz starih odpadnih zabojev, jih preluknjali in namesto prsti napolnili z drobnim peskom in mivko; na dno so položili večje kamne. Hranila so začeli dodajati šele, ko so bile rastline visoke okoli centimetra, nato enkrat tedensko, v deževju pogosteje. Prav zaradi preprostosti se je ta način hitro razširil po Indiji in drugod po svetu. Prikaz, kako velika je bila razlika v pridelku, je za tedanji čas naravnost osupljiv:

Preglednica 1: Primerjava pridelkov pri klasičnem gojenju in na bengalskih hidroponskih poljih v Indiji (Krese, 1989).

Pridelek	Klasičen način (kg/a)	Hidroponika (kg/a)
Riž	220	2 640
Pšenica	150	1 800
Krompir	5 500	38 500
Koruza	350	2 625
Soja	150	350
Oves	180	700
Pesa	1 100	3 100
Grah	380	2 800
Paradižnik	2 000–4 000	80 000

K tako visokim razlikam je treba pripomniti, da gre za izjemne razmere in idealno oskrbo; v vsakdanji pridelavi so razlike manjše, a tudi tam hidroponsko gojenje praviloma znatno prekaša pridelavo v tleh. Številke iz preglednice je torej treba brati kot prikaz potenciala, ne kot zagotovljeni rezultat.

V drugi polovici 20. stoletja se je hidroponika iz poskusne tehnike razvila v resno gospodarsko panogo. Danes na njej temelji velik del nizozemske, izraelske, kanadske in japonske pridelave vrtnin, vse pogostejša pa je tudi pri pridelavi jagod, zelišč in rezanega cvetja. V Sloveniji je hidroponsko gojenje doslej najbolj uveljavljeno pri pridelavi solatnic, paradižnika, paprike in kumar v rastlinjakih, raziskovalno pa so ga na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani preučevali na številnih vrtninah in okrasnih rastlinah. Prav ta domača raziskovalna dela so dragocen vir podatkov, na katere se v nadaljevanju večkrat opiramo.

3 Prednosti in slabosti hidroponike

Pred odločitvijo za hidroponiko je pošteno pogledati obe strani. Tehnika ima vrsto resničnih prednosti, a tudi omejitve in nekaj pasti, ki jih je bolje poznati vnaprej, kot pa jih odkriti šele med pridelavo. V tem poglavju jih predstavim strnjeno; večino bom v nadaljnjih poglavjih še podrobneje pojasnil.

3.1 Prednosti

- Večji pridelek na enoto površine. Rastline lahko sadimo gosteje, rastejo hitreje in dajo zgodnejši ter večji pridelek, ker imajo hranila vedno na voljo v lahko dostopni obliki.
- Bistveno manjša poraba vode. V zaprtih sistemih vodo recirkuliramo, zato je poraba lahko nekajkrat manjša kot pri zalivanju v tleh; nič vode se ne izgubi z izpiranjem v globlje plasti.
- Natančen nadzor nad prehrano. Sestavo, koncentracijo (EC) in kislost (pH) hranilne raztopine prilagodimo vrsti, razvojni fazi in letnemu času, zato lahko ciljamo na največji pridelek ali na najboljšo kakovost plodov.
- Neodvisnost od kakovosti tal in kolobarja. Gojimo lahko na slabih ali onesnaženih tleh, na strehah in v urbanem okolju, isto vrsto pa pridelujemo na isti površini brez upadanja pridelka.
- Manj talnih bolezni in škodljivcev ter manj plevela. Brez zemlje odpadejo številne talne bolezni, polži, sovke, krti in podobno, plevela praktično ni, zato je tudi potreba po fitofarmaceutskih sredstvih manjša.
- Čistejše in lažje delo. Odpadejo težka opravila, kot so oranje, okopavanje in pletje; pobiranje je čistejše, pridelek pa enakomernejši.
- Manjše obremenjevanje okolja. Hranila v zaprtem sistemu ne odteka v podtalnico, kar zmanjša onesnaženje z nitrati in fosfati.

Prav zaradi teh prednosti hidroponika ni le tehnika za velike pridelovalce. Z njo je mogoče pridelati sveža zelišča in solatnice domala kjer koli – v stanovanju, na balkonu, v kleti pod umetno svetlobo – tam, kjer je le dovolj svetlobe in nekaj prostora.

3.2 Slabosti in omejitve

- Višji začetni stroški. Postavitev sistema (rastlinjak, črpalke, rezervoarji, namakalna oprema, po potrebi osvetlitev) zahteva več vložka kot pridelava v tleh.
- Več potrebnega znanja in discipline. Pridelovalec mora razumeti delovanje rastline, hranilne raztopine, EC in pH; napake se pokažejo hitreje kot v zemlji, ki deluje kot blažilnik.
- Občutljivost na napake in izpade. Ker gojišče zadrži malo vode, lahko okvara črpalke ali izpad elektrike v vročem dnevu rastline ogrozi v nekaj urah. Smiselna je rezervna oskrba (akumulator, agregat) ali opozorilni sistem.
- Hitro širjenje bolezni v zaprtih sistemih. Če v recirkulacijsko raztopino vstopi koreninska bolezen (na primer *Pythium* ali *Fusarium*), se lahko z vodo hitro razširi na vse rastline. Zato sta higiena in po potrebi razkuževanje raztopine ključna.
- Odvisnost od vnosov. Brez gnojil in električne energije sistem ne deluje; pridelava je tako bolj odvisna od dobavnih verig kot tradicionalna.

- Ravnanje z izrabljenimi gojišči. Nekatera gojišča, zlasti kamena volna, predstavljajo odpadki, ki ga je treba ustrezno odložiti ali predelati.

Nobena od teh slabosti hidroponike ne izključuje – vse je mogoče obvladati z znanjem, dobro zasnovano sistemom in rednim nadzorom. Prav zato je preostanek knjige namenjen temu, da bralcu da orodja za obvladovanje teh tveganj.

Zanimivo je, da je deljeno mnenje o hidroponiki pogosto tudi med potrošniki. V eni od slovenskih raziskovalnih nalog, v kateri so učenci preučevali gojenje jagod, je več kot 80 odstotkov vprašanih vedelo, kaj je hidroponika, a so bili glede tega, ali je hidroponsko pridelana hrana slabša od klasično pridelane, razdeljeni skoraj na pol (Rusjan in sod., 2015). To kaže, da poleg tehnike ostaja pomembna tudi naloga pojasnjevanja – česar se v tej knjigi prav tako lotevam.

4 Rastlina in pogoji za rast

Preden se lotimo tehnike, je vredno razumeti, kaj rastlina sploh potrebuje. Hidroponika namreč ne dela nič drugega, kot da te potrebe zadovolji bolj natančno in bolj zanesljivo kot zemlja. Rastline, ki jih gojimo v hidroponiki – zelenjava, sadje in cvetje – za rast potrebujejo vodo, svetlobo, zrak, mineralne snovi in nekaj, česar se lahko oprimejo korenine. Če pridelovalec razume vlogo vsakega od teh dejavnikov, bo veliko lažje razumel tudi, zakaj v sistemu kaj nastavimo tako, kot nastavimo.

Osnova vsega je fotosinteza. Z energijo svetlobe rastlina iz ogljikovega dioksida (CO_2) iz zraka in iz vode tvori sladkorje, ki so gradnik in gorivo za rast; pri tem sprošča kisik. Mineralna hranila pri tem niso vir energije, so pa nepogrešljiva sestavina beljakovin, klorofila, encimov in celičnih sten. Hidroponika vpliva predvsem na dva od teh dejavnikov – na oskrbo z vodo in na oskrbo s hranili – medtem ko svetlobo, temperaturo in CO_2 uravnavamo prek okolja v zavarovanem prostoru (poglavje 9).

4.1 Voda

Voda je za rastlino topilo, prevozno sredstvo in gradnik hkrati. V njej so raztopljena hranila, z njo se ta razporejajo po rastlini, voda pa skrbi tudi za napetost (turgor) celic, ki rastlino drži pokonci. Večino vode, ki jo rastlina sprejme, odda nazaj v zrak s transpiracijo skozi listne reže; prav ta tok poganja dvigovanje vode in hranil od korenin do listov. V hidroponiki je voda vselej na voljo, zato rastlina ni nikoli pod vodnim stresom – kar je velika prednost, a hkrati pomeni, da moramo paziti, da koreninam ob vodi ne zmanjka zraka.

4.2 Svetloba

Svetloba je gonilo fotosinteze, zato je v zaprtih prostorih pogosto prav ona dejavnik, ki najbolj omejuje rast. Pomembni so trije vidiki: jakost (koliko svetlobe je), trajanje (dolžina dneva oziroma fotoperioda) in spekter (barvna sestava). Pozimi in v slabo osvetljenih prostorih je naravne svetlobe premalo, zato si pomagamo z dodatnim osvetljevanjem, danes najpogosteje z LED-svetili (poglavje 9.2). Nekatere rastline so na dolžino dneva občutljive – fotoperioda namreč sproži cvetenje – zato z njo lahko tudi usmerjamo razvoj rastline.

4.3 Zrak in kisik

Pogosto se pozablja, da tudi korenine dihalo in za to potrebujejo kisik. V zemlji ga dobijo iz zraka v talnih porah; v hidroponiki moramo za zadosten dotok kisika v koreninsko območje poskrbeti sami. Če korenine stojijo v mirujoči vodi brez prezračevanja, kisika hitro zmanjka, korenine se začnejo dušiti, kar odpre vrata gnilobi. Zato hranilno raztopino prezračujemo (na primer z zračno črpalko in difuzorjem), jo pretakamo v tankem filmu (sistem NFT) ali pa uporabimo zračno gojišče, ki dobro prepušča kisik. Razmerje med vodo in zrakom v koreninskem območju je eno najpomembnejših vprašanj celotne hidroponike.

4.4 Mineralna hranila

Za normalno rast rastlina potrebuje sedemnajst kemijskih elementov. Tri – ogljik, vodik in kisik – dobi iz zraka in vode, preostalih štirinajst pa mora prejeti v obliki raztopljenih mineralnih soli. Te delimo na makrohranila, ki jih rastlina potrebuje v večjih količinah (dušik, fosfor, kalij, kalcij, magnezij, žveplo), in na mikrohranila, ki jih potrebuje v sledovih (železo, mangan, cink, baker,

bor, molibden in klor). V hidroponiki vsa ta hranila zagotovimo s hranilno raztopino – kako, je tema osrednjega 5. poglavja.

4.5 Opora koreninam

Nazadnje rastlina potrebuje oporo, da se obdrži pokonci in da imajo korenine kam zrasti. To vlogo v hidroponiki opravlja gojišče (substrat) – kamena volna, perlit, kokosova vlakna in podobno (poglavje 6) – ali pa mreža in plošča, na katero pripnemo rastline pri gojenju v sami vodi. Pomembno je razumeti, da gojišče rastline praviloma ne hrani; vsa hranila pridejo iz raztopine. Dobro gojišče je tisto, ki rastlini hkrati nudi trdno oporo, zadrži dovolj vode in vendar pusti dovolj zraka do korenin.

5 Hranila in hranilna raztopina

Hranilna raztopina je srce hidroponike. Je voda, v kateri smo raztopili mineralna gnojila v takšnih razmerjih in koncentracijah, da rastlini ponudimo natanko tisto, kar potrebuje. Od njene sestave, koncentracije in kislosti je neposredno odvisno, kako bo rastlina rasla in kakšen bo pridelek. To poglavje je zato med najpomembnejšimi v knjigi; če ga bralec dobro razume, je osvojil bistvo te tehnike.

5.1 Makrohranila

Makrohranila so elementi, ki jih rastlina vgrajuje v velikih količinah. Vsako od njih ima v rastlini svojo nalogo, pomanjkanje ali presežek pa se pokaže na značilen način.

Preglednica 2: Makrohranila, njihova vloga in najpogostejša znamenja pomanjkanja.

Hranilo	Glavna vloga v rastlini	Znamenja pomanjkanja
Dušik (N)	rast listov in poganjkov, gradnik beljakovin in klorofila	bledica in rumenenje starejših listov, šibka rast
Fosfor (P)	razvoj korenin, cvetenje, prenos energije	temni, modrikasto-vijolični listi, slab razvoj korenin
Kalij (K)	kakovost plodov, vodni režim, odpornost na stres	rjavenje listnih robov, mehki plodovi
Kalcij (Ca)	trdnost celičnih sten, rast vršičkov in korenin	odmiranje vršičkov, gniloba cveta pri plodovkah
Magnezij (Mg)	osrednji atom v klorofilu, ključen za fotosintezo	rumenenje med listnimi žilami pri starejših listih
Žveplo (S)	sestavina beljakovin in encimov	enakomerno bledenje mlajših listov

5.2 Mikrohranila

Mikrohranila rastlina potrebuje v zelo majhnih količinah, a so kljub temu nepogrešljiva – brez njih določeni življenjski procesi ne stečejo. Mednje sodijo železo (Fe), mangan (Mn), cink (Zn), baker (Cu), bor (B), molibden (Mo) in klor (Cl). Najpogostejše težave v hidroponiki povzroča pomanjkanje železa, ki se kaže kot rumenenje mlajših listov med žilami; pogosto ne gre za pravo pomanjkanje, ampak za to, da je železo pri previsokem pH za rastlino nedostopno. Prav zato sta nadzor pH in uporaba železa v obliki kelata (vezana oblika, ki ostane dostopna) v praksi tako pomembna.

5.3 Električna prevodnost (EC)

Električna prevodnost (EC, electrical conductivity) je merilo za skupno količino raztopljenih soli (hranil) v raztopini. Več soli pomeni večjo prevodnost. EC merimo z EC-metrom, izražamo pa ga najpogosteje v milisimensih na centimeter (mS/cm) ali v mikrosimensih (μ S/cm); velja, da je 1 mS/cm enako 1000 μ S/cm. EC nam pove, kako koncentrirana je raztopina, ne pa, katera hranila vsebuje – zato sta EC in pravilna sestava dve ločeni stvari, na kateri moramo paziti hkrati.

Vrednost EC prilagajamo vrsti in razvojni fazi. Solatnice in zelišča imajo radi nižji EC, plodovke višjega. Z višjim EC pri plodovkah (na primer pri paradižniku proti koncu rasti) lahko izboljšamo okus in vsebnost sladkorjev, a previsok EC zavira privzem vode in lahko povzroči stres.

Okvirne vrednosti EC za posamezne vrtnine zbira preglednica 4 ob koncu poglavja, podrobnosti pa so pri vsaki rastlini posebej v 11. poglavju.

5.4 Kislost raztopine (pH)

pH pove, kako kislila ali bazična je raztopina, na lestvici od 0 do 14, pri čemer 7 pomeni nevtrarno. Za hidroponiko je ključen zato, ker odloča o tem, ali so hranila za rastlino dostopna. Večina vrtnin najbolj raste pri rahlo kislem pH med 5,5 in 6,5. Pri previsokem pH se nekatera hranila (zlasti železo, mangan, fosfor) vežejo v oblike, ki jih rastlina ne more sprejeti, čeprav so v raztopini prisotna – rastlina tako kaže znamenja pomanjkanja sredi obilja. Pri prenizkem pH se lahko pojavijo druge motnje in poškodbe korenin.

pH merimo s pH-metrom in ga uravnavamo z dodajanjem kisline (za znižanje) ali baze (za zvišanje). V praksi pH najpogosteje znižujemo, saj voda in gnojila raztopino pogosto pomaknejo v bazično območje; za to uporabljamo razredčene kisline, namenjene hidroponiki. pH se med rastjo spreminja, zato ga je treba redno preverjati – pri manjših sistemih vsak dan ali dva.

5.5 Kakovost vode

Hranilna raztopina je tako dobra kot voda, iz katere jo pripravimo. Pred zasnovo sistema je smiselno vodo analizirati: zanima nas predvsem njena trdota (vsebnost kalcija in magnezija), vsebnost natrija in klorida ter morebitnih onesnaževal. Trda voda že sama vsebuje precej kalcija in magnezija, kar moramo pri pripravi raztopine upoštevati in dodatek teh hranil ustrezno zmanjšati. Visoka vsebnost natrija je nezaželena, saj se v zaprtih sistemih kopiči. Kot vir vode lahko uporabimo vodovodno vodo, deževnico ali podtalnico; deževnica je pogosto mehka in zato ugodna, paziti pa moramo na čistočo.

5.6 Priprava hranilne raztopine

Hranilne raztopine praviloma ne pripravljamo neposredno v končni koncentraciji, ampak najprej pripravimo koncentrate, ki jih nato razredčimo. Najpogostejši je sistem dveh koncentratov, ki ju označujemo z A in B. Razlog za ločitev je kemijski: če bi kalcij (iz kalcijevega nitrata) in sulfate oziroma fosfate združili v enem zelo koncentriranem vedru, bi se sprijeli v netopne usedline in hranila bi se izgubila. Zato:

- v koncentrat A damo kalcijev nitrat in železov kelat;
- v koncentrat B damo fosfate, sulfate (kalijev in magnezijev sulfat) ter večino mikrohranil.

Koncentrata A in B nikoli ne zmešamo neposredno; vselej ju ločeno dodamo v večjo količino vode, kjer se ustrezno razredčita. Šele v razredčeni, končni raztopini se hranila ne obarjajo več. Pri večjih sistemih to opravljajo mešalne in dozirne naprave, ki samodejno vzdržujejo želeni EC in pH; pri manjših sistemih koncentrate odmerimo ročno. Spodnja preglednica prikazuje primer uravnotežene univerzalne raztopine za hidroponsko in fertirigacijsko gojenje vrtnin.

Preglednica 3: Primer uravnotežene univerzalne hranilne raztopine za gojenje vrtnin (povzeto po Resh in Veneto Agricoltura, v internem gradivu).

Makrohranilo	mg/l	Mikrohranilo	mg/l
Dušik (N)	175	Železo (Fe)	0,80
Fosfor (P)	40	Mangan (Mn)	0,50
Kalij (K)	300	Bor (B)	0,20
Kalcij (Ca)	175	Cink (Zn)	0,12
Magnezij (Mg)	40	Baker (Cu)	0,05
		Molibden (Mo)	0,05

Pri takšni raztopini ciljni EC običajno znaša okoli 2,0 do 2,5 mS/cm, pH pa približno 5,5. To je izhodišče; za posamezno vrsto in razvojno fazo ga prilagodimo. Pomembno je vedeti, da gre za primer in ne za edino pravo formulacijo – v praksi se uporablja množica receptur, prilagojenih kulturi, vodi in sistemu.

5.7 Odprti in zaprti sistemi

Glede na to, kaj naredimo z odvečno raztopino, ločimo odprte in zaprte sisteme. V odprtem (nerecirkulacijskem) sistemu raztopino dovedemo rastlinam, presežek pa odteče in se ne vrača; tak sistem je preprostejši in manj občutljiv na širjenje bolezni, a porabi več vode in gnojil, presežek pa lahko obremeni okolje. V zaprtem (recirkulacijskem) sistemu odvečno raztopino zbiramo, ji popravimo EC in pH ter jo znova uporabimo. Zaprti sistem je gospodarnejši in okolju prijaznejši, a zahteva več nadzora in po potrebi razkuževanje raztopine (z UV-svetlobo, segrevanjem ali počasno filtracijo), da se ne razširijo koreninske bolezni. V zaprtih sistemih moramo spremljati tudi kopičenje natrija in neporabljenih soli.

6 Gojišča (substrati)

Gojišče ali substrat je material, ki v hidroponiki nadomesti zemljo kot oporo koreninam. Za razliko od zemlje rastline praviloma ne hrani – njegova naloga je predvsem zadržati ustrezno količino vode, hkrati pa pustiti dovolj zraka do korenin in dati rastlini fizično oporo. Dobro gojišče je obstojno, kemijsko nevtravno (ne spreminja pH in ne veže hranil), čisto in brez bolezni, ravnati pa se da z njim brez težav. Gojišča delimo na anorganska in organska.

6.1 Anorganska gojišča

Kamena volna

Kamena volna je najbolj razširjeno gojišče v profesionalni pridelavi vrtnin in rezanega cvetja. Nastane s taljenjem kamnin in vlečenjem v vlakna, ki jih oblikujejo v kocke in plošče. Odlikujejo jo dobra zračnost, enakomerna vpojnost in čistost, saj je sterilna. Rastline na njej najprej vzgojimo v kockah, te pa nato postavimo na plošče, prevlečene s črno-belo folijo. Slabost kamene volne je, da je po uporabi odpadek, ki ga je treba ustrezno odstraniti ali predelati, in da je njen pH ob začetku rahlo bazičen, zato jo pred uporabo namočimo v rahlo kislo raztopino.

Perlit in vermikulit

Perlit je z visoko temperaturo razpihnjena vulkanska kamnina – lahek, bel, zelo zračen material, ki dobro odvaja vodo in se pogosto uporablja samostojno (v vrečah ali loncih) ali kot dodatek drugim gojiščem za izboljšanje zračnosti. Vermikulit je razpihnjen liskun, ki za razliko od perlita zadrži več vode in nekaj hranil; pogosto ju mešamo, da dobimo ravnotežje med zadrževanjem vode in zračnostjo. Oba sta lahka, čista in obstojna.

Ekspandirana glina (glinopor)

Ekspandirana glina so žgani glineni kroglice (premera nekaj milimetrov), ki so trde, obstojne in zelo zračne. Zadržijo malo vode, zato so primerne za sisteme s pogostim ali stalnim dovajanjem raztopine (na primer poplavljanje in osuševanje). Velika prednost je, da jih lahko operemo, razkužimo in večkrat uporabimo.

Pesek, gramoz in steklena volna

Pesek in gramoz sta najstarejši in najcenejši gojišči – prav z njima se je začelo bengalsko hidroponsko gojenje. Sta težka in zadržita malo vode, zato zahtevata pogostejše namakanje, a sta poceni in lahko dostopna. Steklена volna deluje podobno kot kamena, a se danes uporablja redkeje.

6.2 Organska gojišča

Kokosova vlakna

Kokosova vlakna (kokosova šota) so predelan stranski proizvod kokosovega oreha in so postala priljubljena alternativa kameni volni. Dobro zadržijo vodo, hkrati pa ohranjajo ugodno zračnost, so obnovljiv vir in jih je lažje odstraniti kot kameno volno. Pred uporabo jih je pogosto treba sprati zaradi soli (zlasti natrija in kalija) ter umiriti njihovo vpijanje kalcija. Uporabljamo jih v vrečah, ploščah ali loncih, pogosto v mešanici s perlitom.

Šota

Šota dobro zadržuje vodo in hranila ter je cenovno ugodna, zato je pogosta sestavina mešanic, zlasti pri vzgoji sadik. Njena slabost je kislost (pH je treba uravnati z apnenjem),

spremenljiva kakovost in okoljska sporno- st njenega pridobivanja, zato jo vse pogosteje nadomeščamo s kokosovimi vlakni.

Žagovina

Žagovina je poceni in dostopna, uporabna predvsem tam, kjer je veliko (na primer ob lesni industriji). Paziti je treba na vrsto lesa, saj nekatere (npr. od iglavcev s smolami) lahko rastlinam škodujejo, in na to, da se sčasoma razgrajuje.

6.3 Izbira gojišča

Idealnega gojišča za vse primere ni; izbira je vselej kompromis med ceno, zračnostjo, zadrževanjem vode, obstojnostjo in možnostjo ponovne uporabe. Za sisteme s stalnim ali pogostim dovajanjem raztopine izberemo bolj zračna gojišča, ki zadržijo malo vode (ekspandirana glina, perlit, grobi pesek); za sisteme z redkejšim namakanjem pa gojišča, ki vodo bolje zadržijo (kamena volna, kokosova vlakna, mešanice s šoto). Pri pridelavi za trg je pomembna tudi enakomernost in zdravstvena neoporečnost gojišča, pri domači rabi pa pogosto prevladata cena in dostopnost. Marsikateri pridelovalec konča pri mešanici dveh ali treh materialov, ki mu za njegove razmere da najboljše razmerje med vodo in zrakom.

7 Hidroponski sistemi

Hidroponski sistem je način, kako rastlinam dovajamo hranilno raztopino in kako jim zagotovimo oporo ter kisik. Sistemov je veliko, od preprostih, ki jih sestavimo sami doma, do popolnoma avtomatiziranih industrijskih naprav. Vsem je skupno isto vodilo: koreninam hkrati zagotoviti dovolj vode s hranili in dovolj kisika. Prav v tem, kako vsak sistem to ravnotežje rešuje, so njihove prednosti in slabosti.

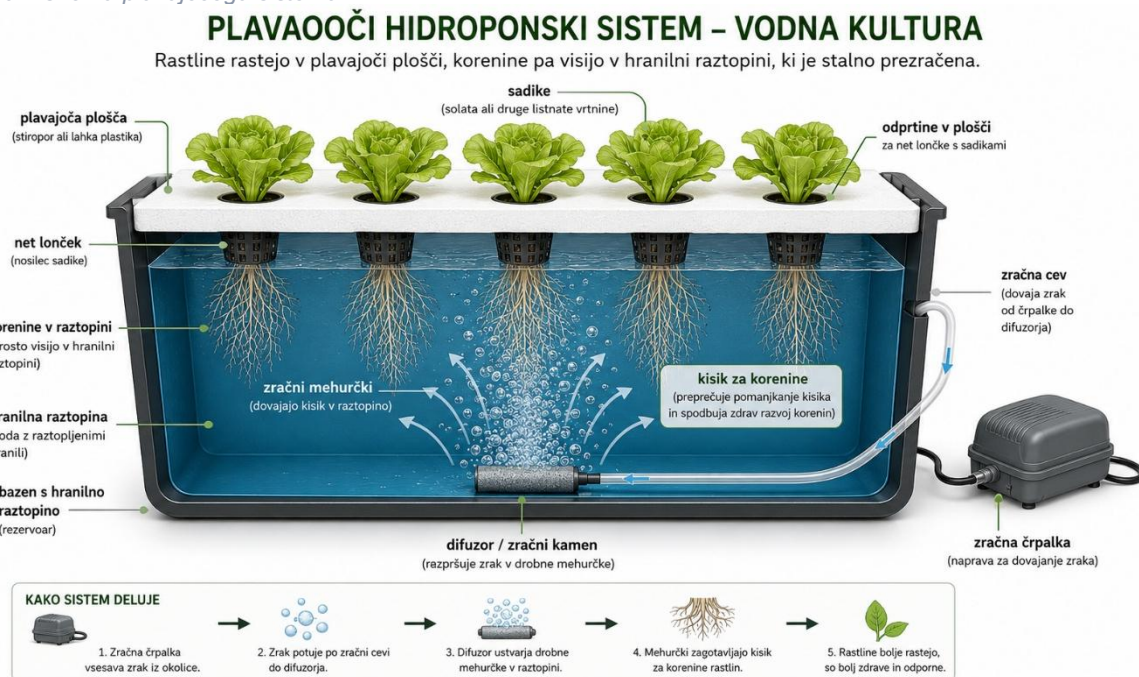
7.1 Razdelitev sistemov

Sisteme lahko razdelimo na več načinov. Glede na gojišče ločimo gojenje v sami vodi (vodna kultura, brez gojišča) in gojenje v gojišču (na substratu). Glede na ravnanje z raztopino ločimo odprte in zaprte sisteme (poglavje 5.7). V praksi se najpogosteje srečamo s plavajočim sistemom, tehniko hranilnega filma (NFT), kapljičnim sistemom, poplavljanjem in osuševanjem, stenjskim sistemom, aeroponiko ter z vertikalnimi izvedbami teh sistemov. Spoznajmo jih po vrsti.

7.2 Plavajoči sistem (vodna kultura)

Plavajoči sistem je med najpreprostejšimi. Rastline so vstavljene v luknje v plošči iz stiropora ali podobnega materiala, ki plava na površini bazena s hranilno raztopino; korenine visijo neposredno v raztopini. Da koreninam ne zmanjka kisika, raztopino stalno prezračujemo z zračno črpalko in difuzorjem. Sistem je poceni, zanesljiv in zaradi velike količine raztopine zelo stabilen – EC in pH se spreminjata počasi. Najbolje se obnese pri solatnicah in zeliščih, ki imajo kratko rastno dobo, manj primeren pa je za velike plodovke. Pri profesionalni pridelavi solatnic to izvedbo pogosto imenujejo floating sistem.

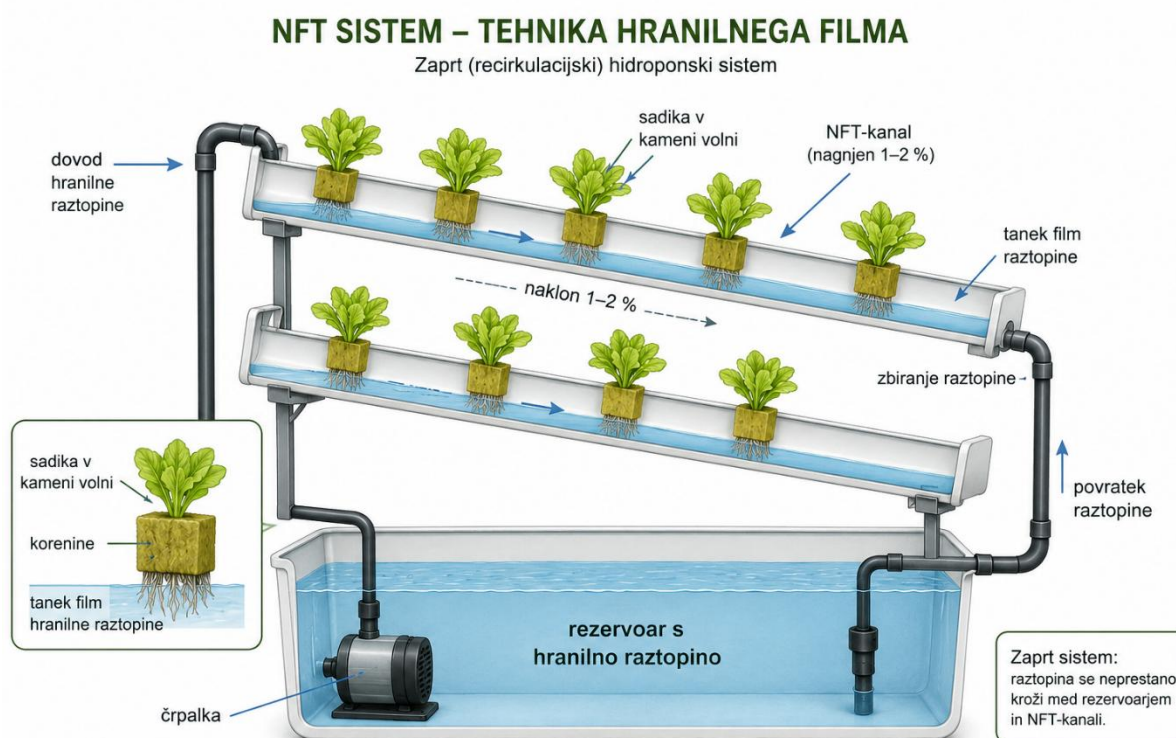
Slika1: shema plavajočega sistema



7.3 Tehnika hranilnega filma (NFT)

Pri tehniki hranilnega filma (NFT, Nutrient Film Technique) raztopina v tankem sloju (filmu) nepretrgoma teče po rahlo nagnjenih kanalih (1–2 % naklona), v katere so vstavljene rastline. Korenine se delno potopijo v tanek tekoči film, delno pa ostanejo v zraku nad njim – tako so hkrati dobro oskrbljene z vodo, hranili in kisikom. Odvečna raztopina se na koncu kanala zbira in vrača v rezervoar, zato je NFT po naravi zaprt sistem in zelo gospodaren. Slabost je občutljivost na izpade: ker je vode v sistemu malo, lahko zaustavitev črpalke v vročini rastline hitro ogrozi. NFT je zelo razširjen pri solatnicah, zeliščih in jagodah, uporaben pa je tudi za plodovke.

Slika 2: shema sistema NFT



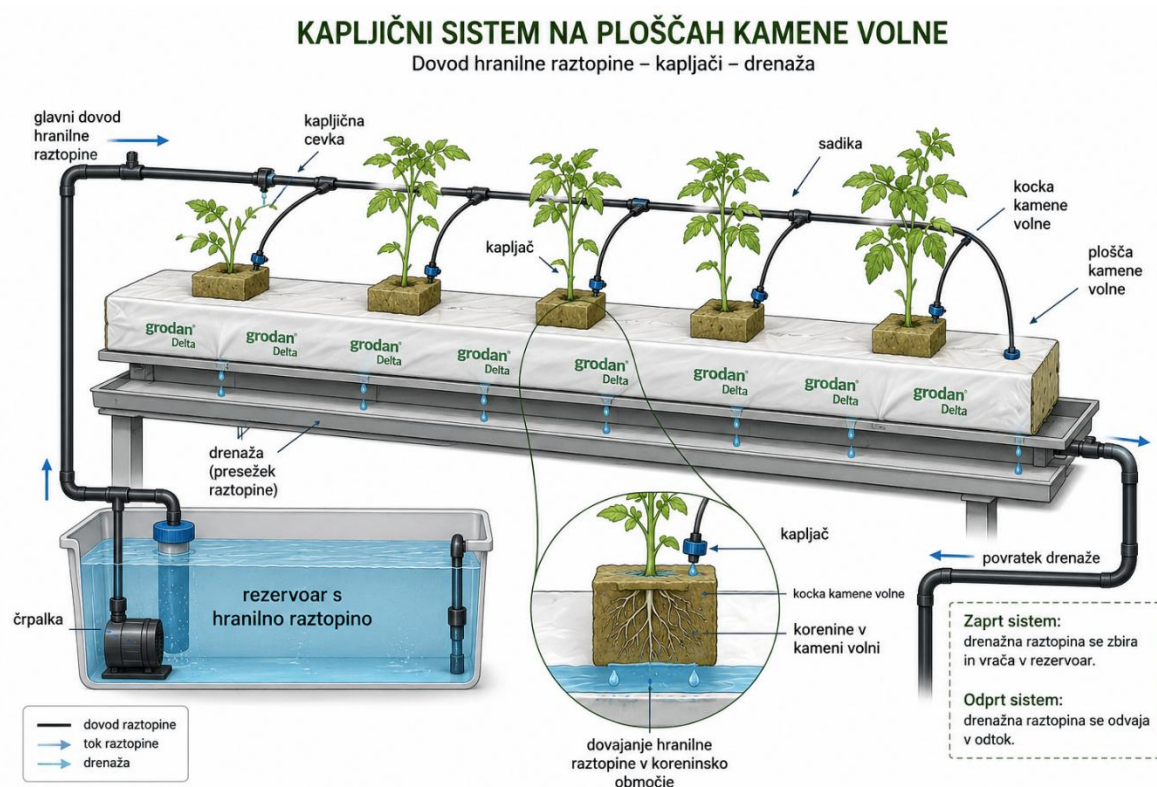
7.4 Kapljični sistem (drip) in gojenje na gojiščih

Kapljični sistem je v profesionalni pridelavi vrtnin najpogostejši. Rastline so posajene v gojišče (najpogosteje v plošče ali vreče kamene volne, perlita ali kokosovih vlaken), do vsake pa po tanki cevki s kapljačem dovajamo hranilno raztopino. Z njo nadzorovano krmilimo tako količino vode kot količino hranil, presežek pa lahko odteka (odprti sistem) ali se zbira in vrača (zaprti sistem). Pri tem ločimo dva pristopa:

- debeloplastno gojenje, pri katerem rastline gojimo na debelejši plasti gojišča (debele plošče ali vreče), ki zadrži več vode in je zato manj občutljivo na napake pri namakanju;
- tankoplastno gojenje, pri katerem je plast gojišča tanka, zaloga vode majhna, namakanje pa mora biti zato pogosto in natančno odmerjeno.

Kapljični sistem je prilagodljiv in primeren za skoraj vse vrtnine, zlasti za plodovke z dolgo rastno dobo (paradižnik, paprika, kumare). Zahteva premišljen namakalni režim, ki ga prilagajamo razvojni fazi rastline in vremenu (poglavje 8).

Slika 3: shema kapljičnega sistema na ploščah kamene volne



7.5 Poplavljanje in osuševanje (plimni sistem)

Pri sistemu poplavljanja in osuševanja (znan tudi kot plimni sistem ali ebb and flow) gojitveno mizo ali korita z rastlinami v gojišču v rednih presledkih za kratek čas poplavimo z raztopino, nato pa pustimo, da ta odteče nazaj v rezervoar. Med poplavo korenine dobijo vodo in hranila, med osuševanjem pa se v gojišče vnese svež zrak – ta izmenjava skrbi za dobro prekrvavitev korenin s kisikom. Sistem je zanesljiv in primeren za lončnice, sadike in manjše rastline; deluje najbolje z zračnimi gojišči, kot je ekspanzirana glina.

7.6 Stenjski (knotni) sistem

Stenjski sistem je najpreprostejši od vseh in nima nobenih črpalk. Rastlina raste v gojišču, do katerega iz spodaj ležečega rezervoarja po stenju (vpojni vrvi, na primer iz bombaža) sama vleče raztopino. Sistem je poceni in primeren za majhne, manj zahtevne rastline (zelišča, solata) ter za domačo in šolsko rabo, manj pa za rastline z veliko porabo vode, saj stenj ne dohaja njihovih potreb.

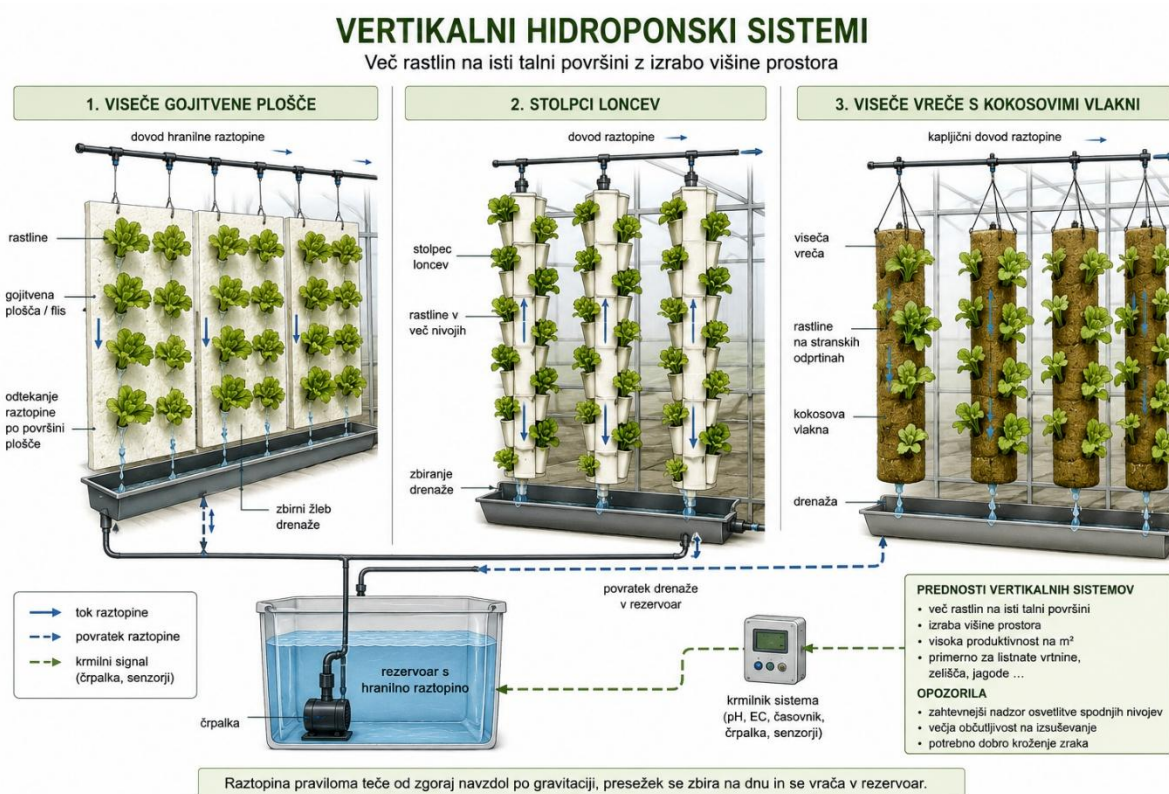
7.7 Gojenje na ravni podlagi (PPH)

Sistem PPH (Plant Plain Hydroponic) je dobil ime po tem, da raztopina teče po ravni ploskvi in ne po kanalih kot pri NFT. Na rahlo nagnjeno podlago (naklon 1–2 %) položimo koprenasto (flisno) prekrivalo, vse skupaj pa prekrijemo z odsežno črno-belo folijo, obrnjeno z belo stranjo navzgor, da izboljša odboj svetlobe, zmanjša segrevanje korenin in zavre rast alg. Rastline (v kockah kamene volne ali lončkih z mrežastim dnom) dobivajo vodo in hranila iz vlažne flisne podlage. Prednosti so preprosta in cenejša postavitve, dobra zračnost korenin in možnost večletne uporabe flisa; sistem je primeren za plodovke, solatnice in rezano cvetje.

7.8 Vertikalni sistemi

Vertikalni sistemi izkoriščajo višino prostora in tako na isti talni površini omogočajo gojenje bistveno večjega števila rastlin. Poznamo več izvedb: gojenje na visečih flisnih ploščah z odsevnimi folijami (VPH, Vertical Plain Hydroponic), nalaganje loncev v obliki stebra ter gojenje v visečih vrečah ali rokavih, napolnjenih s substratom, do katerih raztopino dovajamo na vrhu s kapljičnim namakanjem. Skupna prednost je velika izraba prostora, skupna slabost pa neenakomerna osvetljenost (zgornje rastline so bolj osvetljene od spodnjih) in v primeru vreč večja vlažnost v spodnjem delu zaradi težnosti. Vertikalni pristop je tehnološka osnova sodobnega vertikalnega kmetijstva, o katerem več v 14. poglavju.

Slika 4: primeri vertikalnih sistemov



7.9 Aeroponika

Aeroponika je posebna oblika gojenja brez gojišča, pri kateri korenine prosto visijo v zaprtem prostoru in jih v rednih presledkih s šobami pršimo s fino meglico hranilne raztopine. Ker so korenine ves čas obdane z zrakom, imajo na voljo največ kisika, kar omogoča izjemno hitro rast in zelo gospodarno porabo vode in hranil. Slabost je tehnična zahtevnost in občutljivost: ob izpadu pršenja ali zamažitvi šob se izpostavljene korenine zelo hitro izsušijo. Aeroponiko pogosto uporabljajo za hitro vzgojo sadik in razmnoževanje (na primer pri krompirju za pridelavo brezvirusnih gomoljev) ter v raziskovalne namene.

8 Voda in namakanje

Namakanje je v hidroponiki več kot le dovajanje vode – z vsakim namakanjem rastlini hkrati dovedemo tudi hranila. Pravilen namakalni režim mora rastlini zagotoviti dovolj vode in hranil, hkrati pa ohraniti dovolj zraka v koreninskem območju in preprečiti, da bi se v gojišču kopičile soli. Cilj torej ni le napojiti rastlino, ampak vzdrževati pravo ravnotežje med vodo, hranili in zrakom.

Koliko vode rastlina potrebuje, je odvisno predvsem od njene velikosti in od vremena – natančneje od izhlapevanja in transpiracije (skupaj evapotranspiracije). V zavarovanem prostoru je glavno gonilo porabe vode sončno sevanje: bolj ko sije sonce, več vode rastlina porabi. Okvirno velja, da v rastlinjaku ena kilovatna ura sevanja na kvadratni meter (1 kWh/m^2) ob normalni oskrbi ustreza približno $0,86 \text{ mm}$ porabljene vode. Iz tega lahko ocenimo dnevno potrebo posevka.

Vzemimo primer posevka kumar. Pri jakosti sevanja 5 kWh/m^2 (značilno za junij) je dnevna poraba vode pri rastlinah, visokih okoli enega metra, približno $5 \times 0,86 \times 0,75$, kar znese okoli $3,2 \text{ mm}$ oziroma $3,2 \text{ litra}$ na kvadratni meter; pri rastlinah, visokih okoli $2,5 \text{ metra}$, pa približno $5 \times 0,86 \times 1,25$, torej okoli $5,4 \text{ litra}$ na kvadratni meter na dan. Korekcijski faktor (v primeru $0,75$ oziroma $1,25$) upošteva velikost in razvitost posevka.

Preglednica 4: Okvirne dnevne potrebe po namakanju za kumare in paradižnik v rastlinjaku (l/m^2 na dan), po mesecih (povzeto po internem gradivu).

Mesec	Kumare	Paradižnik	Mesec / Kumare / Paradižnik
januar	1,3–1,5	1,1–1,3	julij 6,0–5,8 5,6–6,0
februar	1,8–2,3	1,3–1,5	avgust 5,4–4,5 6,0–4,5
marec	2,5–3,0	1,5–1,8	september 4,0–3,0 4,5–3,0
april	3,0–3,6	2,0–3,3	oktober 3,0–2,0 3,0–2,0
maj	5,1–5,6	4,0–5,0	november 1,8–1,5 2,0–1,5
junij	5,6–6,0	5,0–5,5	december 1,5–1,0 1,5–1,0

Pri gojenju na gojiščih (zlasti pri tankoplastnem gojenju na kamni volni) namakanja ne odmerjamo le po količini, ampak tudi po pogostosti, in spremljamo delež odtoka (drenaže). Drenaža pomeni, kolikšen del dovedene raztopine odteče skozi gojišče; z njo izpiramo presežne soli in preverjamo, ali smo dovedli dovolj. V začetnih fazah (ukoreninjanje) namakamo redkeje in z manjšo drenažo, da prisilimo korenine, da se razrastejo po gojišču in aktivno iščejo vodo; ko se rastlina obloži s plodovi, pa namakamo pogosteje in z večjo drenažo (tudi do okoli 20 odstotkov), da pokrijemo večjo porabo. Splošno pravilo je: namakamo predvsem podnevi, zjutranje namakanje naj bo zmernejše, ponoči pa praviloma ne namakamo.

Pri plodovkah z dolgo rastno dobo (paradižnik, paprika, jajčevci, kumare, dinje, lubenice) se razvoj novih korenin med polnjenjem plodov močno upočasni. Da rastline ostanejo vitalne in dolgo rodne, koreninski sistem spodbudimo k obnovi z začasno zmernejšim namakanjem in manjšo drenažo, s čimer korenine spet prisilimo, da se razrastejo. Takšno ravnanje je še posebej koristno ob začetku obiranja in ob opaznem upadu nastavka plodov.

9 Okolje v zavarovanem prostoru

Hidroponika sama po sebi skrbi za vodo in hranila, ne pa tudi za podnebje okoli rastline. Prav okolje v rastlinjaku ali rastni komori – temperatura, svetloba, zračna vlaga in vsebnost CO₂ – pa pogosto odloča, ali bo rastlina svoj potencial sploh lahko izkoristila. V tem poglavju na kratko predstavim štiri ključne dejavnike okolja in njihovo uravnavanje.

9.1 Temperatura

Vsaka rastlina ima svoje temperaturno območje, znotraj katerega najbolje raste. Pri večini vrtnin je optimalna dnevna temperatura zraka med približno 18 in 26 °C, nočna pa nekoliko nižja; razlika med dnevno in nočno temperaturo (tako imenovani DIF) vpliva na rast in obliko rastline. Toploljubne vrste, kot so lubenice, dinje, paprika in paradižnik, zahtevajo topleje, solatnice in motovilec pa uspevajo tudi pri nižjih temperaturah. Pomembna je tudi temperatura hranilne raztopine v koreninskem območju: previsoka zmanjša količino raztopljenega kisika in spodbudi koreninske bolezni, prenizka pa upočasni privzem hranil (zlasti fosforja). Korenine zato pri zgodnji pridelavi pogosto blago dogrevamo.

9.2 Svetloba in osvetljevanje (LED)

V slovenskih razmerah je pozimi naravne svetlobe za intenzivno pridelavo pogosto premalo, zato si pomagamo z dodatnim osvetljevanjem. Včasih so prevladoval visokotlačne natrijeve sijalke, danes pa jih vse bolj nadomeščajo LED-svetila. Ta porabijo manj energije, oddajajo manj odvečne toplote in omogočajo prilagajanje spektra: modra svetloba spodbuja čvrsto, kompaktno rast in razvoj listov, rdeča pa cvetenje in oblikovanje plodov. Z dolžino osvetljevanja (fotoperiodo) lahko pri nekaterih vrstah usmerjamo prehod iz rasti v cvetenje. LED-tehnologija je tudi tehnološka osnova vertikalnega kmetijstva, saj omogoča gojenje v več nadstropjih, kamor naravna svetloba ne seže.

Slika 5: rastlinjak z LED-osvetlitvijo nad gojitvenimi mizami.



9.3 Zračna vlaga

Zračna vlaga vpliva na transpiracijo in s tem na privzem vode in hranil. Presuh zrak rastlino sili v premočno izhlapevanje in jo izčrpa, prevlažen zrak pa upočasni transpiriranje in ustvarja idealne razmere za glivične bolezni, kot je siva plesen. Za večino vrtnin je primerna relativna zračna vlaga med približno 60 in 75 odstotki. Uravnavamo jo s prezračevanjem, senčenjem in po potrebi z rošenjem; v rastlinjaku je za zdravje rastlin pogosto pomembnejše dobro prezračevanje kot karkoli drugega.

9.4 Ogljikov dioksid (CO₂)

Ogljikov dioksid je surovina za fotosintezo. V dobro zatesnjenem rastlinjaku ga lahko podnevi začne primanjkovati, saj ga rastline porabljajo hitreje, kot se obnavlja. Pri profesionalni pridelavi zato zrak v rastlinjaku včasih obogatijo z dodanim CO₂, kar lahko ob dovolj svetlobe opazno poveča pridelek. Pri manjši in domači pridelavi za to praviloma poskrbi že redno prezračevanje, ki dovaja svež zrak.

10 Vzgoja sadik

Vsaka pridelava se začne s kakovostno sadiko. V hidroponiki sadike najpogosteje vzgojimo v majhnih kockah kamene volne ali v stisnjenih čepkih iz kokosovih vlaken oziroma šote, ki jih pozneje skupaj z rastlino preprosto prestavimo v gojitveni sistem – tako koreninam ob presajanju prihranimo poškodbe. Seme posejemo v navlaženo kocko, ki jo do kalitve vzdržujemo toplo in vlažno; po vzniku mladim rastlinam zagotovimo dovolj svetlobe, da se ne izdolžijo, ter blago hranilno raztopino z nižjim EC.

Pomemben dejavnik pri vzgoji sadik je gostota setve. Bolj ko so sadike nagosto, manjše in šibkejšje so posamezne rastline, zato je treba gostoto prilagoditi vrsti in namenu. Domače raziskovalno delo pri motovilcu je na primer pokazalo, da je med ploščami s 40, 84 in 160 celicami za vzgojo dala najboljše rezultate plošča s 84 celicami, saj nudi ravno pravi volumen za razrast korenin; pridelek iz gostejše plošče s 160 celicami je bil občutno manjši (Ferk, 2009). Podobno so pri solatnicah na sistemu NFT med ploščami z različno gostoto najboljše rezultate dale srednje goste plošče (Devetak, 2006). Načelo je splošno: prevelika gostota sadik se pozneje maščuje z manjšim in neenakomernim pridelkom.

Sadiko presadimo v sistem, ko ima dovolj razvit koreninski sistem in nekaj pravih listov. Faza ukoreninjanja po presaditvi je občutljiva; tedaj namakamo previdno in rastline ne izpostavljamo prevelikim nihanjem temperature ali EC, dokler se ne primejo in začnejo aktivno rasti.

11 Hidroponsko gojenje izbranih rastlin

V tem poglavju strnem praktične napotke za gojenje najpomembnejših skupin rastlin, ki jih v Sloveniji gojimo hidroponsko. Pri vsaki navedem primeren sistem in gojišče, okvirne vrednosti EC in pH ter posebnosti, na katere je treba paziti. Vrednosti so okvirne in jih je treba prilagoditi sorti, razvojni fazi, letnemu času in kakovosti vode. Najprej pregledna preglednica, nato podrobnosti po vrstah.

Preglednica 5: Okvirne vrednosti EC in pH ter primeren način gojenja za izbrane vrtnine in cvetje.

Rastlina	EC (mS/cm)	pH	Pogost sistem / gojišče
Solata, solatnice	1,2–2,0	5,5–6,0	plavajoči sistem, NFT; gojitvene plošče
Motovilec	1,2–2,0	5,5–6,0	gojitvene plošče, NFT
Paradižnik	2,0–3,5	5,5–6,0	kapljični; kamena volna, perlit, kokos
Paprika	2,0–2,5	5,5–6,0	kapljični; kamena volna, vermikulit, šota
Kumare	1,8–2,5	5,5–6,0	kapljični; kamena volna, kokos
Dinje, lubenice	1,7–2,5	5,5–6,0	kapljični; kamena volna, šota+perlit
Jagode	1,2–1,8	5,5–6,0	NFT, kapljični; kokos, viseče vreče
Vrtnice	1,5–2,5	5,5–6,0	kapljični; kamena volna, perlit
Nageljni	2,2–2,5	6,3–6,5	kapljični; perlit, glinopor, kamena volna

11.1 Solata in druge solatnice

Solata in sorodne solatnice so za vstop v hidroponiko najhvaležnejše: rastejo hitro, imajo kratko rastno dobo in zmerne potrebe po hranilih. Najbolje se obnesejo v plavajočem sistemu in v sistemu NFT, pogosto pa jih vzgajamo v gojitvenih ploščah. Primeren EC je okoli 1,2 do 2,0 mS/cm (v floating sistemu pogosto okoli 2,0–2,5), pH med 5,5 in 6,0. Solata je občutljiva na previsoke temperature, ki sprožijo prezgodnje uhajanje v cvet in lahko povzročijo ožig listnih robov; poleti zato pomaga senčenje in dobro prezračevanje. Pri pridelavi je pomembna preiščljena gostota – pregosta setev zmanjša maso posamezne glave.

11.2 Motovilec in rukola

Motovilec je tipična zimska solatnica, ki dobro prenaša nizke temperature, zato je primeren za pridelavo v hladnejšem delu leta. Gojimo ga v gojitvenih ploščah ali na sistemu NFT pri EC okoli 1,2 do 2,0 mS/cm in pH 5,5 do 6,0. Ključna je prava gostota setve – kot že omenjeno, se je za vzgojo izkazala plošča s približno 84 celicami (Ferk, 2009). Rukola raste podobno hitro kot motovilec in jo gojimo na enak način; obe pridelujemo v več zaporednih setvah skozi sezono.

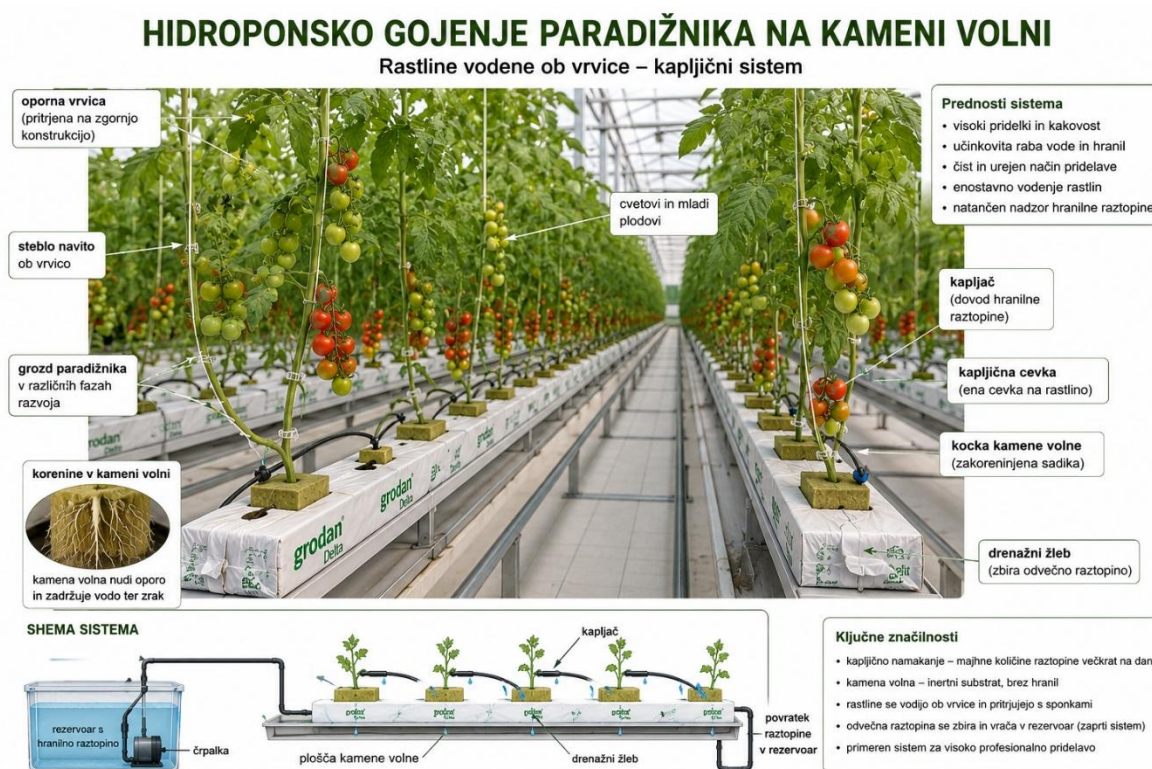
11.3 Paradižnik

Paradižnik je ena gospodarsko najpomembnejših hidroponskih kultur. Nedeterminantne (visoke) sorte gojimo kapljično, najpogosteje na ploščah kamene volne, perlita ali kokosovih vlaken, rastline pa navijamo ob vrvice in redno odstranjujemo zalistnike. Primeren EC je okoli

2,0 do 3,5 mS/cm, pH med 5,5 in 6,0; proti koncu rasti EC pogosto nekoliko povišamo, da izboljšamo okus in vsebnost sladkorjev v plodovih. Pri primernih razmerah dosegajo tržni pridelki tudi okoli 100 ton na hektar – v domačem poskusu na kameni volni je najboljša sorta dala blizu 100 t/ha (Ulanec, 2009).

Najpogostejša fiziološka motnja je gniloba cveta (cvetna plesnivost), ki se kaže kot temna, vpadla pega na spodnjem delu ploda. Ne gre za bolezen, ampak za posledico pomanjkanja kalcija v plodu, pogosto zaradi nihanj v oskrbi z vodo ali previsokega EC. Nekatere sorte so nanjo veliko občutljivejše od drugih, zato je izbira sorte za hidroponiko zelo pomembna (Ulanec, 2009). Preprečujemo jo z enakomerno oskrbo z vodo, uravnoteženo raztopino in izogibanjem prevelikim nihanjem EC.

Slika 6: hidroponsko gojenje paradižnika na kameni volni



11.4 Paprika

Papriko gojimo podobno kot paradižnik – kapljično na gojiščih, kot so kamena volna, vermikulit ali šota – pri EC okoli 2,0 do 2,5 mS/cm in pH 5,5 do 6,0. Slovenske raziskave so pokazale, da na kakovost plodov (vsebnost sladkorjev in organskih kislin) vplivata tako koncentracija hranilne raztopine kot izbira gojišča, in to različno glede na tip paprike. Pri tipu babura (npr. sorti Bianca in California Wonder) so bili pridelek in kakovost najboljši na vermikulitu, pri podolgovati papriki tipa Kapia pa na šoti (Petelinc, 2006; Grobin, 2008). To je lep primer, da optimalne nastavitve niso univerzalne, ampak se razlikujejo celo med sortami iste vrste.

11.5 Kumare

Kumare so toploljubne, hitro rastoče in velike porabnice vode, zato so zahtevnejše glede namakanja. Gojimo jih kapljično, najpogosteje na kameni volni ali kokosovih vlaknih, pri EC okoli 1,8 do 2,5 mS/cm in pH 5,5 do 6,0; rastline navijamo navzgor in oblikujemo. Zaradi velike porabe vode (glej preglednico 4 v 8. poglavju) zahtevajo zanesljiv namakalni sistem in dobro prezračevanje, saj v gosti, vlažni rasti hitro pride do glivičnih bolezni.

11.6 Dinje in lubenice

Dinje in lubenice so med najbolj toploljubnimi vrstami; za uspešno pridelavo zahtevajo ogrevane rastlinjake z dnevnimi temperaturami okoli 24 do 30 °C. Gojimo jih kapljično na kameni volni ali v mešanicah šote s perlitom, pri EC okoli 1,7 do 2,5 mS/cm (na začetku nekoliko višjem) in pH 5,5 do 6,0. V času cvetenja je za nastavek plodov pomembno oprasovanje, zato v rastlinjak vnesemo čebele ali čmrle. Pri breztalnem gojenju je treba paziti na nožne (koreninske) glivične bolezni, ki jim pri lubenicah pogosto kljubujemo s cepljenjem sadik na odporne podlage.

11.7 Jagode

Jagode so v hidroponiki vse bolj priljubljene, saj jih z gojenjem v dvignjenih sistemih in visečih vrečah lahko obiramo udobno in čisto, brez stika s tlemi. Gojimo jih na sistemu NFT ali kapljično, pogosto v kokosovih vlaknih ali v visečih vrečah, pri zmernem EC okoli 1,2 do 1,8 mS/cm in pH 5,5 do 6,0. Zanimivo opažanje iz domačega poskusa je, da so jagode bolje uspevale pri nižji (polovični) koncentraciji hranil kot pri višji (Rusjan in sod., 2015) – kar je dober opomnik, da več hranil ni vedno bolje. Viseči in vertikalni sistemi pri jagodah dobro izkoristijo prostor in olajšajo delo.

11.8 Zelišča

Zelišča, kot so bazilika, peteršilj, drobnjak, meta in melisa, so poleg solatnic najprimernejša za vstop v hidroponiko in za domačo pridelavo. Rastejo hitro, ne zahtevajo veliko prostora in jih lahko gojimo v preprostih sistemih (plavajoči, stenjski, NFT) ali celo v majhni domači napravi pod LED-svetilom. Bazilika ima rada topleje in nekoliko višji EC, večina drugih zelišč pa uspeva pri zmernih vrednostih (EC okoli 1,2 do 2,0 mS/cm, pH 5,5 do 6,0). Sveža zelišča vse leto, praktično brez stroškov in pridelana doma, so za marsikoga prvi in najbolj prepričljiv dokaz, kaj hidroponika zmore.

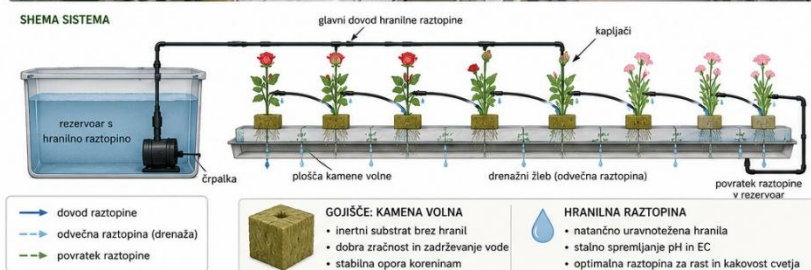
11.9 Rezano cvetje (vrtnice in nageljni)

Hidroponika se uveljavlja tudi pri pridelavi rezanega cvetja, kjer omogoča kakovosten in enakomeren pridelek. Vrtnice gojimo kapljično na kameni volni ali perlitu pri pH okoli 5,5 do 6,0 in EC okoli 1,5 do 2,5 mS/cm. Nageljni so posebnost: dobro prenašajo višjo slanost, gojimo pa jih pri nekoliko višjem pH (okoli 6,3 do 6,5) in EC okoli 2,2 do 2,5 mS/cm v zaprtih sistemih (oziroma okoli 1,0 v odprtih). Pri nageljnih je posebna pozornost namenjena zdravstveno neoporečnim, brezvirusnim sadikam in preprečevanju koreninskih bolezni (*Fusarium*, *Verticillium*), saj gojenje traja eno do dve leti (Kos, 2007). Izbira gojišča vpliva na rast in cvetenje: v domačem poskusu so nageljni največ cvetnih popkov razvili v perlitu, najvišji pa so bili v loncih (Kos, 2007).

Slika 7: hidroponsko gojenje vrtnic in/ali nageljniov v rastlinjaku

HIDROPONSKO GOJENJE VRTNIC IN NAGELJNOV V RASTLINJAKU

Rezano cvetje visoke kakovosti – kapljični sistem na kameni volni

**HEMA SISTEMA****PREDNOSTI HIDROPONSKE PRIDELAVE CVETJA**

- visoka kakovost in dolga življenjska doba cvetov
- enakomerna rast in ravna stebila
- visoka produktivnost in izkoristek prostora
- varčna poraba vode in hranil
- manj boleznih tal in škodljivcev
- celotna pridelava na enem mestu – čisto in urejeno okolje

12 Varstvo rastlin

Pogosto se sliši, da v hidroponiki ni bolezni in škodljivcev. To ne drži – res pa je, da brez zemlje odpade velik del talnih težav (talne glive, ogorčice, polži, sovke), zato je varstvo praviloma lažje kot na njivi. Hkrati prinaša hidroponika svoja tveganja: v zaprtem sistemu se lahko koreninska bolezen z vodo hitro razširi na vse rastline. Zato je v hidroponiki najpomembnejše orodje varstva preprečevanje – higiena, zdrav sadilni material in nadzor okolja – šele nato pridejo na vrsto ukrepi za zatiranje.

12.1 Higiena in preprečevanje

Osnova zdrave pridelave je čistoča. Pred vsako novo kulturo gojitveni sistem, posode in orodje očistimo in razkužimo, gojišča pa po potrebi steriliziramo ali zamenjamo. Uporabljamo zdrav, po možnosti certificiran in brezvirusni sadilni material. Voda naj bo čista; v zaprtih sistemih raztopino po potrebi razkužujemo (z UV-svetlobo, počasno peščeno filtracijo ali segrevanjem), da preprečimo širjenje koreninskih gliv. Pomemben je tudi nadzor nad vstopom v rastlinjak in nad mrčesom, ki prenaša bolezni.

12.2 Najpogostejše bolezni

Med koreninskimi boleznimi so v hidroponiki najnevarnejše glive iz rodov *Pythium*, *Fusarium*, *Phytophthora* in *Verticillium*. Pojavijo se predvsem ob slabi zračnosti korenin, previsoki temperaturi raztopine in pomanjkanju kisika, povzročajo pa gnitje korenin in venenje rastlin. Ker se v recirkulacijski raztopini hitro razširijo, je ključno preprečevanje: dovolj kisika v koreninskem območju, primerna temperatura raztopine in razkuževanje vode. Na nadzemnih delih sta najpogostejši pepelasta plesen (bel poprh na listih) in siva plesen (*Botrytis*), ki ji ustreza vlažen, slabo prezračen zrak; obvladujemo ju predvsem z dobrim prezračevanjem in uravnavanjem zračne vlage.

12.3 Najpogostejši škodljivci

Tudi v rastlinjaku se pojavljajo listne uši, bela muha (ščitkar), resarji (tripsi) in pršice. Hitro se razmnožujejo v toplem okolju, zato je pomembno zgodnje opažanje – pri tem pomagajo lepljive plošče za spremljanje populacij. V zavarovanih prostorih je zelo učinkovito biotično varstvo, torej vnos koristnih organizmov (plenilcev in zajedavcev), ki naravne sovražnike škodljivcev. Biotično varstvo se s hidroponiko in integriranim varstvom rastlin odlično dopolnjuje in zmanjšuje potrebo po fitofarmaceutskih sredstvih.

12.4 Integrirano varstvo rastlin

Sodoben pristop združuje vse našete ukrepe v integrirano varstvo rastlin: najprej preprečujemo (higiena, odporne sorte, nadzor okolja), nato spremljamo stanje, ob pojavu težav pa najprej posežemo po nekemičnih ukrepih (biotično varstvo) in šele v skrajni sili po dovoljenih sredstvih. Tak pristop ohranja zdrave rastlin, varuje koristne organizme in zmanjšuje ostanke v pridelku – kar je v skladu z mednarodnimi smernicami dobre kmetijske prakse za pridelavo v zavarovanih prostorih (FAO, 2017).

13 Akvaponika

Akvaponika je nadgradnja hidroponike, ki združuje gojenje rib in gojenje rastlin v enem sklenjenem krogu. Namesto da rastlinam hranila dovajamo z mineralnimi gnojili, jih dobimo iz ribjih iztrebkov: voda iz ribogojnega bazena, bogata z ribjimi izločki, kroži skozi gojitveni del z rastlinami, te jo očistijo, očiščena voda pa se vrne k ribam. Tako en sistem hkrati daje dva pridelka – ribe in zelenjavo – ob bistveno manjši porabi vode in praktično brez mineralnih gnojil.

Skrivnost akvaponike so bakterije. Ribji izločki vsebujejo amonijak, ki je za ribe strupen in za rastline slabo uporaben. Koristne nitrifikacijske bakterije, ki naselijo gojišče in filtre, amonijak najprej pretvorijo v nitrit, nato pa v nitrat – obliko dušika, ki jo rastline odlično privzemajo. Akvaponika tako stoji na treh nogah: ribah, ki dajejo hranila, rastlinah, ki vodo čistijo, in bakterijah, ki eno pretvarjajo v drugo. Ravnotežje med njimi je bistvo uspeha; če je rib preveč ali rastlin premalo, se hranila kopičijo, in obratno.

Prav to ravnotežje je tudi glavni izziv. Akvaponika je zahtevnejša od hidroponike, ker moramo hkrati skrbeti za zdravje rib, rastlin in bakterij, ti pa imajo nekoliko različne potrebe – na primer glede pH, kjer se akvaponika praviloma ustali pri kompromisni vrednosti okoli 6,8 do 7,0. Prav tako v akvaponiki ne moremo uporabljati ostrih ukrepov varstva rastlin, saj bi škodili ribam in bakterijam. V zameno dobimo izjemno trajnosten, zaokrožen sistem, ki je privlačen tako za samooskrbo kot za izobraževanje, saj nazorno prikaže kroženje snovi v naravi. (Opomba k izrazju: v slovenščini govorimo o gojenju rib, kar je ustaljen in pravilen izraz.)

Slika 8: shema akvaponskega kroga

AKVAPONSKI KROG – PODROBNI PREGLED DELOVANJA SISTEMA

Ribe proizvajajo hranila – bakterije jih pretvorijo – rastline prečistijo vodo – čista voda se vrača ribam



14 Prihodnost hidroponike: vertikalno in mestno kmetijstvo

Če velja, da bo večina hrane nekoč pridelana v zavarovanih prostorih, je hidroponika njena najverjetnejša osnova. Tehnika se hitro razvija in se vse bolj povezuje z drugimi tehnologijami – z LED-osvetljevanjem, senzoriko, avtomatizacijo in računalniškim krmiljenjem – v sisteme, ki znajo rastlinam ponuditi domala popolne razmere za rast, ne glede na zunanje vreme in letni čas.

14.1 Vertikalno kmetijstvo

Najodmevnejša smer je vertikalno kmetijstvo: gojenje rastlin v več nadstropjih nad isto talno površino, v popolnoma nadzorovanem okolju, najpogosteje pod LED-svetili in brez naravne svetlobe. V takšnih rastlinskih tovarnah lahko na majhni površini pridelajo velike količine solatnic in zelišč vse leto, ob zelo majhni porabi vode, brez fitofarmaceutskih sredstev in z minimalnimi transportnimi razdaljami, saj jih lahko postavimo sredi mesta. Glavni izziv vertikalnega kmetijstva ostaja poraba energije za osvetljevanje, zato je njegova prihodnost tesno povezana z napredkom v učinkovitosti LED-svetil in z dostopnostjo poceni obnovljive energije.

14.2 Mestno in povezano kmetijstvo

Hidroponika omogoča pridelavo hrane tam, kjer ljudje živijo – na strehah, v kletnih prostorih, v zabojnikih in opuščenih stavbah. Mestno kmetijstvo skrajša pot od njive do krožnika, zmanjša izgube zaradi transporta in skladiščenja ter mestu vrača stik s pridelavo hrane. Vse to vse bolj podpirajo digitalne tehnologije: senzorji spremljajo EC, pH, temperaturo in vlago, krmilni sistemi pa na podlagi teh podatkov samodejno prilagajajo oskrbo. Z razvojem umetne inteligence se obeta, da bodo sistemi znali rast napovedovati in optimizirati še natančneje, kot zmore človek.

14.3 Pomen za Slovenijo

Za Slovenijo so te smeri še posebej zanimive. Velik del kmetijskih zemljišč leži na območjih z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost, samooskrba z zelenjavo je nizka, podnebne spremembe pa pridelavo na prostem delajo vse bolj negotovo. Hidroponika in njene nadgradnje so eno od orodij, s katerimi lahko povečamo domačo pridelavo sveže, kakovostne hrane, in to neodvisno od kakovosti tal in muhavosti vremena. To ni nadomestek za klasično kmetijstvo, je pa pomembno dopolnilo, ki utegne v prihodnjih desetletjih močno pridobiti na pomenu.

Pot hidroponike – od plavajočih aztekških vrtov in bengalskih zabojev s peskom do današnjih rastlinskih tovarn pod LED-svetili – je zgodba o tem, kako človek z znanjem premaguje omejitve narave, ne da bi z njo prekinil stik. Upam, da bo ta knjiga koga spodbudila, da na tej poti naredi svoj prvi korak.

15 Sklep

Skozi knjigo smo prehodili celotno pot: od vprašanja, kaj hidroponika sploh je in zakaj se je razvila, prek razumevanja rastlinskih potreb, hranilne raztopine in gojišč, do hidroponskih sistemov, namakanja, okolja v rastlinjaku in praktičnega gojenja posameznih rastlin, varstva, akvaponike in pogleda v prihodnost. Če iz vsega tega potegnemo eno samo misel, je ta: hidroponika je predvsem natančnost. Uspeh ni v dragi opremi, ampak v razumevanju, kaj rastlina potrebuje, in v doslednem zagotavljanju tega.

Trije dejavniki so tisti, ki jih je vredno obvladati najprej, saj odločajo o večini izida: ravnotežje med vodo in zrakom v koreninskem območju, pravilna sestava in koncentracija (EC) hranilne raztopine ter njena kislost (pH). Kdor te tri obvlada in skrbi za higieno, je premagal večino ovir, na katere lahko naleti.

Hidroponika ni čarovnija in tudi ni zahtevna le zato, da bi bila videti učena. Je orodje – in kot vsako orodje je vredna toliko, kolikor znanja vanjo vložimo. Začnite v majhnem, s solatnicami ali zelišči, opazujte, merite in se učite iz lastnih poskusov; znanje, ki ga boste pridobili, je nato mogoče prenesti na večji obseg in zahtevnejše kulture. Naj vam bo ta knjiga zanesljiv spremljevalec na tej poti.

16 Viri in literatura

V nadaljevanju so navedeni glavni viri, na katere se knjiga opira. Številni podatki (sestava hranilnih raztopin, vrednosti EC in pH ter namakalni režimi) so povzeti iz strokovnega gradiva o hidroponskem gojenju vrtnin in iz spodaj navedenih del; izvirni viri tabelaričnih podatkov v tem gradivu so med drugim Resh, Tesi (2002), Veneto Agricoltura (2002) in Pimpini (2001).

Devetak, M. (2006). Hidroponsko gojenje solatnic na različnih gojitvenih ploščah. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Ferk, S. (2009). Hidroponsko gojenje motovilca (*Valerianella locusta* L.) v gojitvenih ploščah. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2017). Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries. FAO Plant Production and Protection Paper 230. Rim: FAO.

Grobin, M. (2008). Kakovost pridelka paprike (*Capsicum annuum* L.) pri hidroponskem načinu gojenja. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Kos, M. (2007). Hidroponsko gojenje nageljnov (*Dianthus* sp.). Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Krese, M. (1989). Hidroponika. Ljubljana: Kmečki glas.

Petelinc, B. (2006). Vsebnost sladkorjev in kislin v plodu paprike (*Capsicum annuum* L.) gojene na hidroponski način s kontroliranim dodajanjem hranil. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Resh, H. M. (različne izdaje). Hydroponic Food Production. Boca Raton: CRC Press.

Rusjan, J., Sarjanović, A., Slamič, T. (2015). Hidroponika – prednost ali slabost? Raziskovalna naloga. Nova Gorica: OŠ Milojke Štrukelj.

Ulanec, G. (2009). Hidroponsko gojenje desetih sort nedeterminantnega paradižnika (*Lycopersicon esculentum* L.) na kameni volni. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Strokovno gradivo o hidroponskem gojenju vrtnin (interna skripta) – zbrani podatki o sistemih gojenja, hranilnih raztopinah in namakalnih režimih.

Opomba avtorja: gradivo je pripravljeno iz mojega osebnega arhiva, zapiskov, testiranj in opažanj.