

# Primjena infografike u edukaciji optimalnog unosa proteina za zdravlje bubrega

---

Duraković, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:292979>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

**IVAN DURAKOVIĆ  
0058219333**

**OPTIMIRANJE UNOSA PROTEINA ZA ZDRAVLJE  
BUBREGA  
ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu**

**Mentor: prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić**

**Zagreb, godina 2023.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za mjerenje, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

### Optimiranje unosa proteina za zdravlje bubrega

Ivan Duraković, 0058219333

#### Sažetak:

Bubrezi imaju različite uloge u održavanju homeostaze organizma. Odgovorni su za filtriranje krvi, uklanjanje otpada i viška tekućine. S obzirom na njihovu važnost u organizmu potrebno se pobrinuti za njihovo održavanje. Unos proteina je ključan faktor u održavanju zdravlja bubrega i za tretiranje bolesti i stanja bubrega. Količina unosa je izrazito specifična te individualna ovisno o potrebama pojedinca. Također kvaliteta te izvor proteina igraju značajnu ulogu u njihovom utjecaju na bubrege. Cilj ovog rada je pomoću konceptualnih modela prikazati i približiti najbitnije činjenice o unosu proteina za pojedine bolesti i stanja bubrega.

**Ključne riječi:** proteini, bubrezi, prehrana, konceptualni model

**Rad sadrži:** 21 stranica, 6 slika, 1 tablicu, 41 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Datum obrane:** npr. 12. lipnja 2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
University undergraduate study Nutrition

Department of Process Engineering  
Laboratory for Measurement, Control and Automatisation

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Nutrition

### Optimizing the intake of protein for kidney health

Ivan Duraković, 0058219333

#### Abstract:

The kidneys have various roles in maintaining the body's homeostasis. They are responsible for blood filtration, waste removal, and excess fluid elimination. Given their significance in the body, it is necessary to take care of their maintenance. Protein intake is a crucial factor in kidney health maintenance, as well as in the treatment of kidney diseases and conditions. The amount of intake is highly specific and individualized based on individual needs. Additionally, the quality and source of proteins play a significant role in their impact on the kidneys. The aim of this study is to use conceptual models to present and elucidate the most important facts about protein intake for specific kidney diseases and conditions.

**Keywords:** proteins, kidneys, diet, conceptual model

**Thesis contains:** 21 pages, 6 figures, 1 table, 41 references

**Original in:** Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Thesis defended:** e.g. June 12, 2021

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1 UNOS PROTEINA.....	2
2.1.1. PREPORUKE UNOSA PROTEINA.....	2
2.1.2. VISOKO PROTEINSKE DIJETE .....	2
2.2 UTJECAJI VISOKIH RAZINA PROTEINA NA BUBREGA.....	3
2.2.1. GLOMERULARNA HIPERFILTRACIJA .....	3
2.3 KRONIČNA BOLEST BUBREGA .....	4
2.3.1. KARAKTERISTIKE KRONIČNE BOLESTI BUBREGA .....	4
2.3.2. TRETIRANJE KRONIČNE BOLESTI BUBREGA S BILJNOM, NISKO PROTEINSKOM DIJETOM.....	5
2.3.3. ODNOS CRIJEVNE MIKROBIOTE I KRONIČNE BOLESTI BUBREGA .....	8
2.4. BUBREŽNI KAMENAC .....	9
2.4.1. SASTAV I NASTANAK BUBREŽNOG KAMENCA.....	9
2.4.2. UNOS PROTEINA NA FORMACIJU BUBREŽNOG KAMENCA.....	10
2.5. UTJECAJI VISOKIH RAZINA PROTEINA NA BUBREGA.....	10
2.5.1. UZROCI NASTAJANJA SOLITARNOG BUBREGA .....	10
2.5.2. ADAPTACIJA SOLITARNOG BUBREGA .....	11
2.5.3. PREHRANA KOD OSOBA S SOLITARNIM BUBREGOM .....	12
2.6. PRIKAZ SAŽETIH PREPORUKA UNOSA PROTEINA.....	13
2.6.1. TABLIČNI PRIKAZ.....	13

2.6.2. INFOGRAFIČKI PRIKAZ .....	14
<b>3. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>15</b>
<b>4. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>16</b>

## 1. UVOD

Zdravlje bubrega ima ključnu ulogu u održavanju cjelokupnog blagostanja organizma. Bubrezi su odgovorni za filtriranje krvi, uklanjanje otpada i viška tekućine te za održavanje ravnoteže elektrolita. Bubrežne bolesti su ozbiljan medicinski problem diljem svijeta, a istraživanja pokazuju da prehrana bogata visokokvalitetnim proteinima može imati značajan utjecaj na funkcioniranje bubrega.

Za pacijente s određenim bubrežnim stanjima, posebno kod kronične bolesti bubrega, važno je regulirati unos proteina kako bi se smanjilo opterećenje bubrega, bez narušavanja prehrambenih potreba organizma. Stoga, optimiranje unosa proteina postaje ključan cilj u liječenju ovih stanja. Međutim, postizanje adekvatne prehrambene ravnoteže uz optimalan unos proteina može biti izazovno.

U svrhu boljeg razumijevanja određenih mehanizama te preporuka koriste se modeli koji pomažu u opisivanju i predstavljanju tih mehanizama i preporuka na jasan način. Konceptualni modeli su jedan takav pristup te koriste oblike i boje kako bi istaknuli važne informacije u skupu podataka koje se promatraju. U ovom istraživanju primijenjeni su konceptualni modeli tablica, grafičkih prikaza te infografika kako bi se istaknule najbitnije informacije o prehrani i preporukama unosa proteina za održavanje zdravlja bubrega.

Cilj ovog završnog rada je istražiti količine unosa proteina za zdravlje bubrega i sagledati različite strategije optimizacije unosa proteina određene vrste za najveći pozitivni učinak, ovisno o stanju organizma. Također, predstaviti različita izvanredna stanja koja mogu zahvatiti bubrege i njihov utjecaj na zdravlje osobe.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. UNOS PROTEINA

#### 2.1.1. PREPORUKE UNOSA PROTEINA

Svjetska zdravstvena organizacija (*engl. World Health Organisation, WHO*) za opću populaciju preporučuje unos od 0.83 g proteina dobre kvalitete po kg tjelesne mase na dan. Proteini dobre kvalitete su definirani kao proteini s vrijednošću 1 proteinskog indeksa korekcije probavljivosti i aminokiselina (*engl. protein digestibility-corrected amino acid score, PDCAAS*). PDCAAS je skala procijene kvalitete proteina na temelju od kojih aminokiselina je građen protein i probavljivosti proteina. Ljestvica se kreće u rasponu od 0, što označava najlošiju kvalitetu proteina, do 1, što označava najbolju kvalitetu proteina. Za sportaše koji treniraju za izdržljivost i snagu preporuča se viši unos proteina, 1.2-1.7 g/kg tjelesne mase na dan koje mogu unijeti s mješovitom prehranom te proteinski suplementi nisu preporučeni (Rodriguez i sur., 2009). Američka udruga za dijabetes dijabetičarima preporuča unos proteina isti kao i što WHO preporučuje za generalnu populaciju, odnosno 0.83 g proteina dobre kvalitete/kg tjelesne mase na dan (Marathe i sur., 2017). Međunarodne preporuke za osobe s kroničnim bubrežnim bolestima čija je brzina glomerularne filtracije manja od 30 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> preporučuju unos od 0.8 g proteina/kg tjelesne mase na dan te da izbjegavaju unos veći od 1.3 g proteina/kg tjelesne mase na dan jer se time povećava rizik od pogoršanja kroničnih bubrežnih bolesti (Stevens i Levin, 2012).

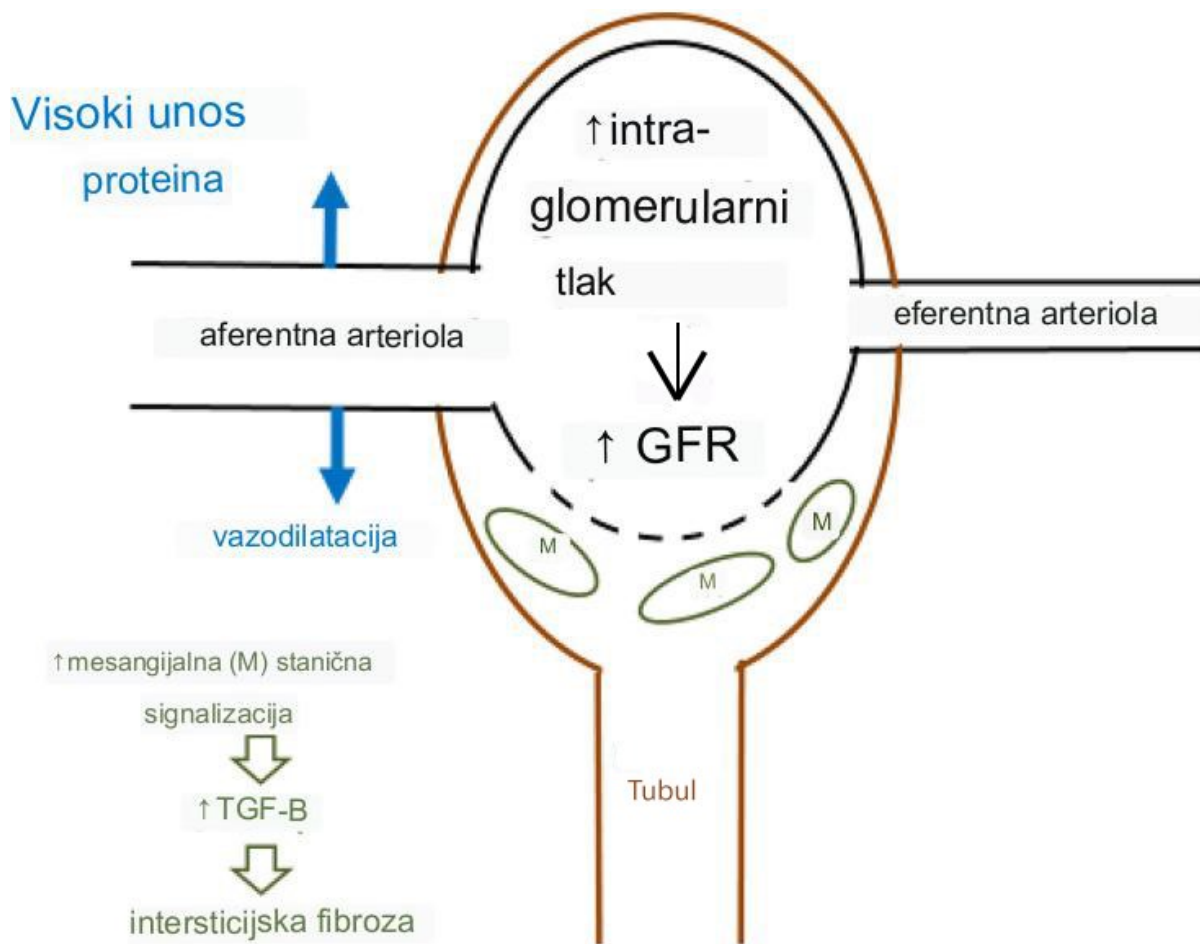
#### 2.1.2. VISOKO PROTEINSKE DIJETE

Ne postoji opće prihvaćena definicija visoko proteinskih dijeta, ali većina prihvaća da dijeta u kojoj energija iz proteina čini više od 25% ukupnog dnevnog unosa energije, spada u visoko proteinsku dijetu odnosno više od 2 g proteina/kg tjelesne mase na dan. Ovakve dijete postaju sve popularnije zbog toga što je s njima moguće izgubiti tjelesnu masu i te ju održati na toj razini nakon njenog gubitka. Visoko proteinske dijete su se pokazale učinkovitima za poboljšanje kontrole glukoze i drugih markera za nastanak kardiovaskularnih bolesti kod osoba oboljelih od dijabetesa tipa 2 (Stentz i sur., 2016). Potrebno je istaknuti da visoko proteinske dijete imaju potencijalno negativan učinak na povećanje krvnog tlaka, što je moguća posljedica visokog udjela soli u ovom tipu dijete (Kamper i Strandgaard, 2017).

## **2.2. UTJECAJI VISOKIH RAZINA PROTEINA NA BUBREGE**

### **2.2.1. GLOMERULARNA HIPERFILTRACIJA**

Krv u bubregu protječe kroz glomerularnu barijeru pri čemu se stvara ultrafiltrat plazme u Bowmanovom prostoru. Volumen krvi koji se filtrira kroz glomerularne barijere u određenom vremenu je izražen kao ukupna brzina glomerularne filtracije (GFR) (Cortinovis i sur., 2019). Normalni GFR za osobe 18 – 22 godine iznosi 80-120 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> (Kamper i Strandgaard, 2017). Trenutno ne postoji numerički određena definicija glomerularne hiperfiltracije osim da je to stanje filtracije povišenog volumena krvi, a nastaje kao odgovor na povišeni unos proteina (Helal i sur., 2012). U najvećem kratkoročnom istraživanju (<6 mjeseci) Circillo i sur. (2014) su pokazali da je dijetom u kojoj su proteini činili 25% ukupnih kalorija došlo do povećanja procijenjene glomerularne filtracije (eGFR) za 3.8 ml/min/1.73 m<sup>2</sup> (Ko i sur., 2020). Kratkoročna glomerularna hiperfiltracija, poput one koja se pojavljuje u trudnoći, nije povezana sa smanjenjem funkcije bubrega, već dugoročna i ponavljajuća glomerularna hiperfiltracija može dovesti do oštećenja bubrega. Hiperfiltracija dovodi do dolaska velike količine aminokiselina, što rezultira proširenjem aferentnih arteriola, zbog čega dolazi do povećanog intraglomerularnog tlaka.



**Slika 1.** Shema prikaza utjecaja visokog unosa proteina na intraglomerularni tlak te proširenje aferentnih arteriola (*prema Ko i sur., 2020*)

Povišeni intraglomerularni tlak bitan je čimbenik u patogenezi i napredovanju kroničnih bubrežnih bolesti (Collard i sur., 2020). Stanje glomerularne hiperfiltracije dovodi do povećanog rizika od nastanka kroničnih bubrežnih bolesti osobito kod osoba s već postojećim rizikom od kroničnih bubrežnih bolesti (Zadeh i sur., 2020a).

## 2.3. KRONIČNA BOLEST BUBREGA

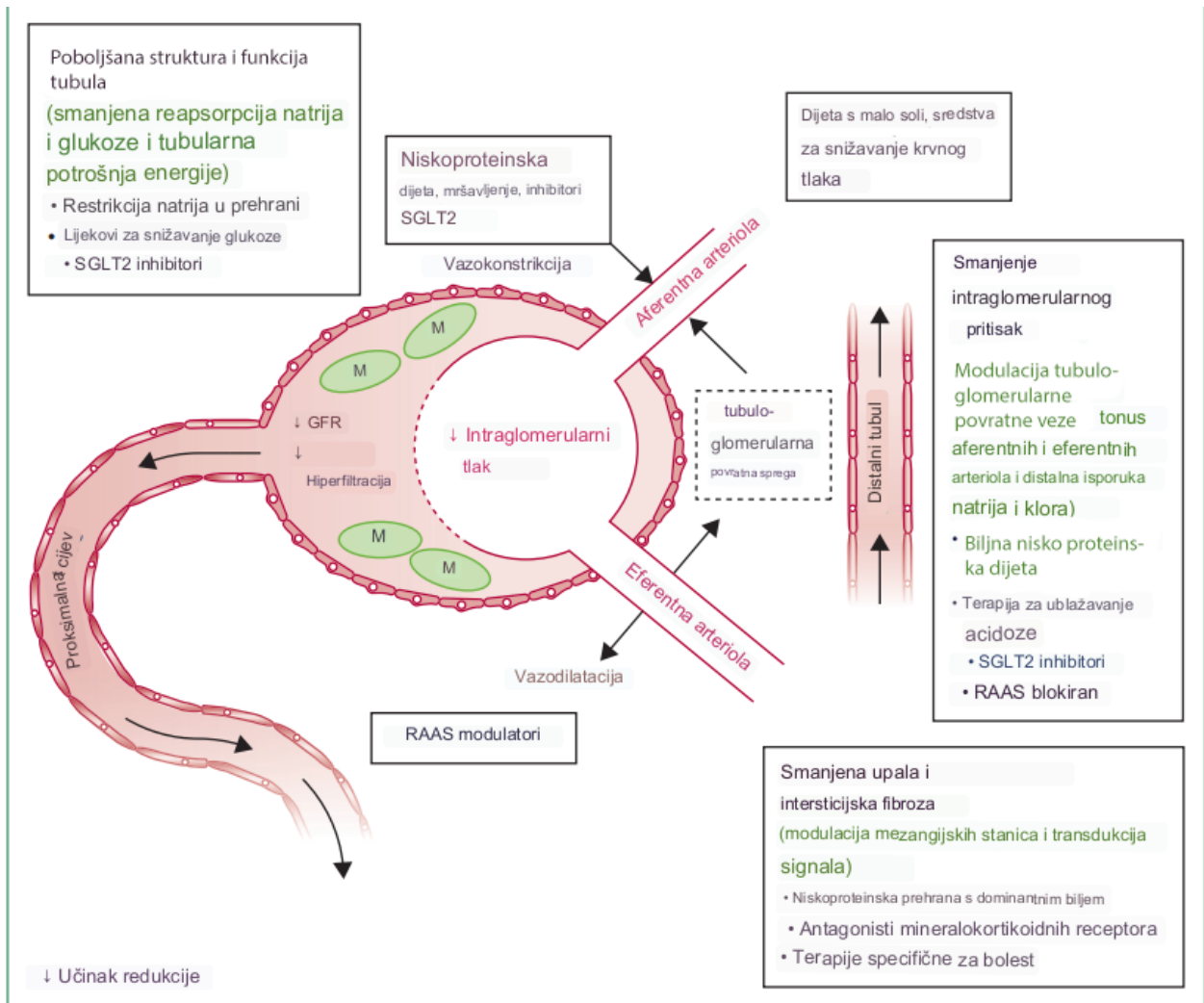
### 2.3.1. KARAKTERISTIKE KRONIČNE BOLESTI BUBREGA

Kronična bolest bubrega je progresivno stanje bubrega koje je karakterizirano strukturalnim i funkcionalnim promjenama bubrega. Može se i definirati kao stanje reducirane funkcije bubrega gdje je eGFR manji od 60 mL/min/1.73m<sup>2</sup> ili kao stanje pri kojoj su osobi detektirani biomarkeri oštećenja bubrega kroz minimalno 3 mjeseca. Većina oboljenja kroničnom bolesti bubrega su asimptomatska sve dok ne dođe do pogoršanja bolesti, odnosno kada je eGFR

manji od 30 mL/min/1.73m<sup>2</sup> (Zadeh i sur., 2021). Brzina propadanja funkcije bubrega je izrazito varijabilna i postupna te mogu proći mjeseci ili godine do zatajenja bubrega. Znakovi i simptomi zatajenja bubrega manifestiraju se kao pogoršavanje anemije, disbalans elektrolita i acidoza. Ako se simptomi ne tretiraju, dolazi do smrti (Zarantonello i sur., 2021). Tretiranje simptoma kronične bolesti ovisi o stadiju bolesti i uključuje različite farmakološke i nefarmakološke pristupe kako bi se usporilo napredovanje bolesti do stadija gdje je potrebna dijaliza.

### 2.3.2. TRETIRANJE KRONIČNE BOLESTI BUBREGA S BILJNOM, NISKO PROTEINSKOM DIJETOM

Kod kronične bolesti bubrega aferentne arteriole se dilatiraju, a eferentne arteriole se kontrahiraju kao mehanizam kompenzacije zbog povišene glomerularne filtracije. Dugoročno povišenim stanjem glomerularne filtracije dolazi do mehaničkog stresa i aktivacije upalnih medijatora koji uzrokuju intersticijsku fibrozu bubrega. Ograničavanjem unosa proteina može doći do kontrakcije aferentnih arteriola u stanje prije proširenja. To će uzrokovati smanjenje interglomerularnog tlaka i posljedično spriječiti intersticijsku fibrozu bubrega (Zadeh i sur., 2021).



**Slika.2** Učinak proteina i unosa natrija te farmakoloških terapija na dilataciju i kontrakciju aferentnih i eferentnih arteriola, intraglomerularni tlak te na strukturu i funkciju glomerula (prema Zadah i sur., 2021)

U istraživanju Prilagodbe Prehrane pri Bolestima Bubrega (engl. *Modification of Diet in Renal Disease Study*, MDRD) (Beck G., 2023) promatrali su pozitivne učinke ograničavanja unosa proteina na bolesti bubrega odnosno na pad eGFR. Imali su dvije grupe; jednu koja je bila na tipičnoj dijeti u kojoj su konzumirali 1.3 g proteina/kg tjelesne mase na dan i drugu koja je bila na nisko-proteinskoj dijeti u kojoj su konzumirali 0.58 g proteina/kg tjelesne mase na dan. Primarni rezultati bili su kontradiktorni. Sekundarnom analizom utvrdili su da postoji korelacija između nisko-proteinske dijetete i smanjenog krvnog tlaka te snižene razine proteinurije (Peterson i sur., 1995). Potrebno je uzeti u obzir da se restrikcijom unosa proteina uvode novi rizici za zdravlje osobe, poput gubitka snage i mase mišića. Stoga trenutne smjernice preporučuju konzervativno nizak unos proteina 0.6-0.8 g/kg tjelesne mase na dan

za osobe s bolestima bubrega kako bi se osigurao siguran i adekvatan nutritivni unos proteina (Moore i sur., 2013).

Biljna nisko-proteinska dijeta uobičajeno se definira kao dijeta s unosom proteina koji iznosi 0.6-0.8 g/kg tjelesne mase/dan te da barem 50% tih proteina dolazi iz biljnih izvora. Ostale karakteristike biljne nisko-proteinske dijeta uključuju relativno nizak unos natrija koji je manji od 3 g/dan i visok unos dijetalnih vlakana 25-30 g/dan. Postoje različite vrste biljnih nisko-proteinskih dijeta poput: veganske, vegetarijanske, lakto-vegetarijanske, ovo-vegetarijanske te pesko-vegetarijanske (Zadeh i sur., 2021).



**Slika.3** Prikaz glavnih značajki biljne nisko-proteinske dijeta za bolesnike kronične bolesti bubrega (prema Zadeh i sur., 2020b).

Biljna nisko-proteinska dijeta snižava stupanj glomerularne filtracije, ali i pridonosi poboljšanju stanja kronične bolesti bubrega kroz nekoliko drugih mehanizama. Animalni proteini uključuju kolin i karnitin koje crijevna mikrobiota pretvara u trimetilamin i trimetilamin N-oksid, koji su povezani s aterosklerozom, renalnom fibrozom, povišenim rizikom od razvijanja kardiovaskularnih bolesti te smrti. S obzirom da je većina proteina u

ovoj dijete biljnog podrijetla, smanjuje se rizik od tih simptoma (Zadeh i sur., 2020b). Biljna nisko-proteinska dijeta smanjuje opterećenje na bubrege uzrokovano fosforom jer je fosfor iz proteina biljnog podrijetla manje dostupan zbog prisustva neprobavljivih fitata. Također, zbog manjeg unosa mesa i prerađenog mesa, unosi se i manja količina konzervansa na temelju fosfora (Campbell i Liebmann 2019). Nadalje, ova dijeta ima protuupalni i antioksidativni učinak zbog većeg unosa prirodnih protuupalnih i antioksidativnih tvari koje se nalaze u voću i povrću poput karotenoida, tokoferola i askorbinske kiseline (Zadeh i sur., 2020b). Iako istraživanja pokazuju obećavajuće rezultate koji su u skladu s teoretskim prednostima ove dijete, potrebno je naglasiti da je nužno provesti veći broj dugotrajnijih nasumičnih istraživanja (Zadeh i sur., 2021).

### 2.3.3. ODNOS CRIJEVNE MIKROBIOTE I KRONIČNE BOLESTI BUBREGA

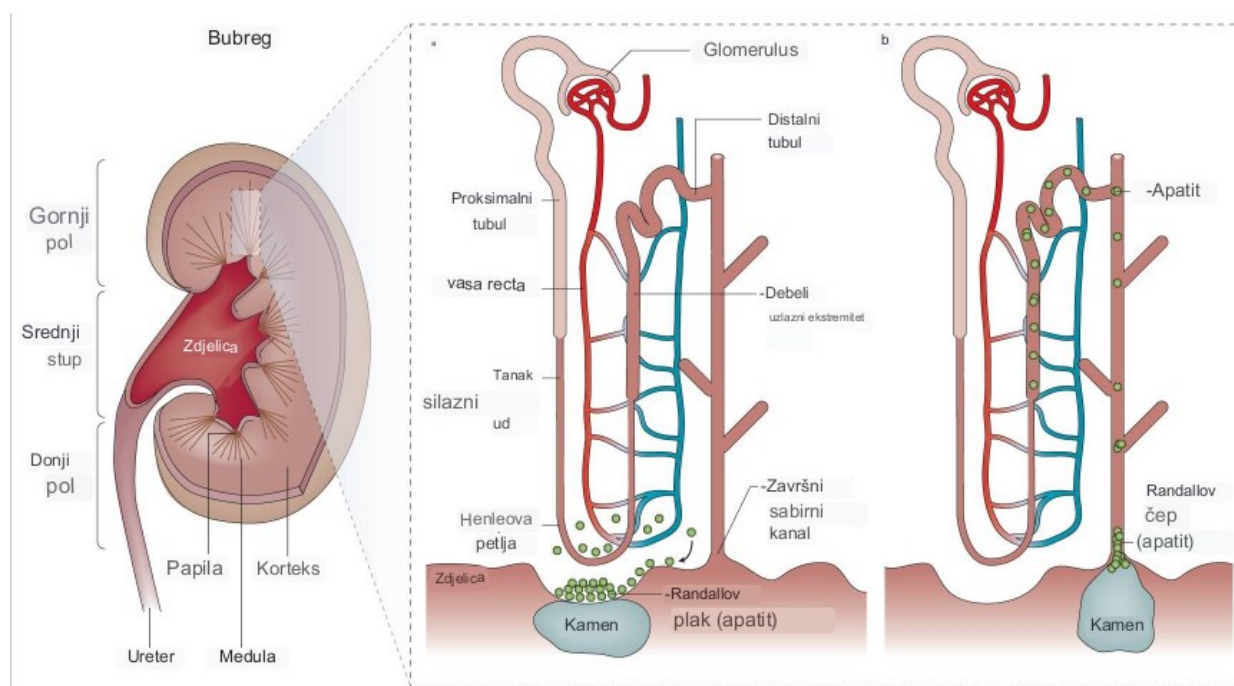
Crijevna mikrobiota je naziv za sve mikroorganizme koji se nalaze u crijevima osobe. Funkcija mikrobiote je razgradnja različitih hranjivih tvari na one jednostavnije, koje su organizmu više dostupne te sinteza određenih vitamina. S obzirom da ona ima značajnu ulogu u održavanju zdravlja, dolazi do rastućeg interesa istražiti odnos crijevne mikrobiote i kronične bolesti bubrega (Hobby i sur., 2019). Trenutna istraživanja upućuju da kronična bolest bubrega utječe na crijevu mikrobiotu zbog moguće uremije što će dovesti do razmnožavanja mikroorganizama koji proizvode enzime za razgradnju mokraćne kiseline (Zadeh i sur., 2021). Povećani broj tih mikroorganizama dovodi do povećanja rizika za napredovanje kronične bolesti bubrega, što potvrđuje činjenica da je ta povećana količina mikroorganizama prisutna kod pacijenata s završnim stadijem bubrežne bolesti (Hobby i sur., 2019). Biljna nisko-proteinska dijeta bogata s vlaknima može dovesti do poželjnih promjena na crijevu mikrobiotu, što može utjecati na smanjeno stvaranje uremijskih toksina (Zadeh i sur., 2020b). Nekoliko uremijskih toksina je povezano s kardiovaskularnim bolestima i smrtnosti ukoliko je prisutna kronična bolest bubrega, a to su: indoksil sulfat, indol-3 octena kiselina, p-krezil sulfat, trimetilamin N-oksid i fenilacetilglutamin. Cirkulirajući p-krezil sulfat, indoksil sulfat te drugi katabolički nusprodukti metabolizma proteina mogu uzrokovati štetne učinke na nekoliko različitih organa i na homeostatske mehanizme poput: upale, oksidativnog stresa, endotelne disfunkcije, propadanja mišića, intersticijske fibroze bubrega, pogoršavanja proteinurije, ubrazanja napredovanja kronične bolesti bubrega te inzulinske rezistencije. Iz tih razloga biljna nisko-proteinska dijeta bogata vlaknima predložena je za sprječavanje nastanka uremijskih toksina, za bolju regulaciju crijevne mikrobiote te za

kontrolu uremije bez dijalize. Ova dijeta poboljšava kardiovaskularno zdravlje, što je u cilju tretmana za očuvanje bubrega pri kroničnoj bolesti bubrega (Zadeh i sur., 2021).

## 2.4. BUBREŽNI KAMENAC

### 2.4.1. SASTAV I NASTANAK BUBREŽNOG KAMENCA

Bubrežni kamenac je nakupina minerala i soli u bubrežnim čašicama i zdjelici koja se mogu naći slobodni ili vezani na bubrežne papile. 80% bubrežnog kamenca je kalcijev oksalat pomiješan s kalcijevim fosfatom. Bubrežni kamenac također može biti građen od mokraćne kiseline, struvita ili cisteina (Khan i sur., 2016). Učestalost bubrežnih kamenaca je rastući problem s obzirom da je u Sjedinjenim Američkim Državama 1994. jedna od dvadeset osoba imala bubrežni kamenac, a u 2010. jedna od jedanaest osoba imala bubrežni kamenac (Fontenelle i Sarti 2019). Predložena su dva modela nastanka bubrežnih kamenaca. Prema prvom modelu on nastaje od „slobodnih čestica“ zbog čega onda nastaju kristali, odnosno „Randallov čep“ u glomerulima. U drugom modelu, on nastaje od „fiksnih čestica“ gdje kamenac tvori Randallov plak. Iako modeli opisuju različite načine nastajanja bubrežnog kamenca, kemijski procesi kristalne nukleacije i rasta kristala su potrebni za početnu formaciju bubrežnog kamenca svih vrsta (Khan i sur., 2016).



**Slika 4.** Makroskopski i mikroskopski prikaz ljudskih bubrega i lokacije bubrežnih kamenaca (prema Khan i sur., 2016).



## 2.4.2. UNOS PROTEINA NA FORMACIJU BUBREŽNOG KAMENCA

Visok unos proteina može utjecati na povećanje rizika formacije bubrežnog kamena. Zbog utjecaja visoke količine proteina na snižavanje pH vrijednosti može doći do povećanja kalcija u urinu, smanjenja pH urina te povećanja izlučivanja citrata (Siener, 2021). U istraživanju 18 pacijenata s bubrežnim kamencem hiperkalciurijskog podrijetla, pokazalo se da restrikcija proteina do 0.8 g/kg tjelesne mase/dan dovodi do smanjenja kalcija u mokraći, mokraćne kiseline te da dovodi to povećanog izlučivanja citrata (S Giannini i sur., 1999). Davanjem 1.5 g na dan L-metionina nije podiglo razinu kalcija u mokraći kod zdravih osoba, ali unosom od 3 g na dan se povećala razina kalcija u mokraći za otprilike 1 mmol na dan (Siener i sur., 2016). Povećana razina kalcija u mokraći je jedan od biomarkera nastanka bubrežnih kamenaca. Ova istraživanja na moguću povezanost između količine unosa proteina i rizika od nastanka bubrežnog kamena, ali potrebno je provesti kontrolirana istraživanja u kojima će se uspoređivati izolirani utjecaj visoke razine proteina i niske razine proteina na rizik formacije bubrežnog kamena (Siener 2021). Međutim, velika opservacijska istraživanja su pronašla da je prehrana koja ima više neto kiselinsko opterećenje povezana s većim rizikom od nastanka bubrežnog kamena (Ferraro i sur., 2016). Rezultati upućuju da proporcija konzumiranog povrća i voća u usporedbi s proteinskim unosom može biti pouzdaniji pokazatelj rizika nastanka bubrežnog kamena nego mjera same količine ukupnog unosa proteina. Voće i povrće ima alkalizirajući potencijal te može pridonijeti neutralizaciji vodikovih iona koji nastaju metabolizmom unesenih proteina. Kod pacijenata s bubrežnim kamenom hipocitraturijskog podrijetla, povećanje unosa voća i povrća uzrokovalo je povećanje pH urina, izlučivanja citrata te smanjenu relativnu supersaturaciju kalcijevim oksalatom i mokraćnom kiselinom. Smanjeni pH urina te izlučivanja citrata su rizični faktori za nekoliko vrsta bubrežnog kamena, posebice od kalcijevog oksalata te mokraćne kiseline. Što je veći mokraćni pH to je veći kapacitet vezanja kalcija, a niža razina izlučivanja kalcija putem mokraće.

## 2.5. SOLITARNI BUBREG

### 2.5.1 UZROCI NASTAJANJA SOLITARNOG BUBREGA

Solitarni bubreg je naziv za jedan bubreg te oko 1 od 1000 (Schreuder, 2018) osoba je zahvaćena ovim stanjem. Stanje jednog bubrega je različito od stanja solitarnog funkcionirajućeg bubrega, pod kojim se podrazumijeva da osoba ima dva bubrega, ali od

kojih je samo jedan funkcionirajući (NIDDK, 2020). Najčešći uzroci solitarnog bubrega jesu kongenitalne anomalije, kirurško odstranjivanje bubrega te donacija bubrega (Schreuder, 2018).

Kongenitalne anomalije poput višecistične displazije bubrega ili unilateralna renalna aplazija su odgovorne za većinu stanja solitarnog bubrega kod djece (Schreuder i sur., 2009).

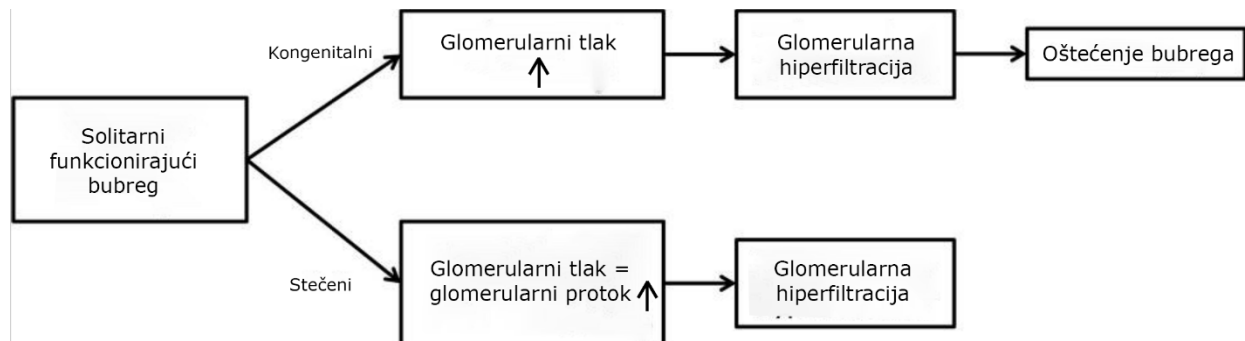
Višecistična displazija bubrega je anomalija bubrega kod koje jedan ili oba bubrega imaju više cističnih šupljina umjesto normalno razvijenih tkiva bubrega poput nefrona te je funkcionalnost bubrega znatno smanjena ili nepostojeća. Ovaj poremećaj se obično javlja tijekom embrionalnog razvoja fetusa te najčešće zahvaća samo jedan bubreg, ali u rijetkim slučajevima može obuhvatiti i oba bubrega (Schreuder i sur., 2009). Unilateralna renalna aplazija označava stanje da bubreg nije prisutan ili se nije potpuno razvio (Schreuder, 2018). Kirurško odstranjivanje bubrega se radi zbog prevencije širenja karcinoma bubrega na ostale organe i tkiva ili u slučaju izrazito oštećenog bubrega zbog čega je tijelo u konstantnom stanju upale (NIDDK, 2020).

### 2.5.2 ADAPTACIJA SOLITARNOG BUBREGA

Izostankom jednog bubrega smanjuje se sposobnost organizma za održavanje ravnoteže vode te izlučivanja otpadnih tvari. Posljedično tome, solitarni bubreg se podliježe promjenama da bi nadoknadio funkciju izostalog bubrega. Dolazi do kompezatorne hipertrofije pri kojoj se povećava broj nefrona te brzina glomerularne filtracije jednog nefrona (SNGFR) (Mc Ardle i sur., 2019). U slučaju kongenitalnog solitarnog bubrega (CSK) kompezatorna hipertrofija se javlja čak i u 18. tjednu trudnoće (Schreuder, 2018)..

Kod osoba sa stečenim solitarnim bubregom (ASK) i s CSK dolazi do postepenog povećanja bubrega koje je popraćeno s povećanjem GFR, ali osobe s CSK pokazuju veću gornju granicu do koje bubreg može narasti te veću granicu SNGFR. Za osobe s CSK, GFR solitarnog bubrega često dolazi do brzine koja je normalna za brzinu dva bubrega, a koja iznosi 100 ml/min/1.73m<sup>2</sup>. Kod osoba s ASK, poput ljudi koji su donirali bubreg, GFR prosječno doseže 75 ml/min/1.73m<sup>2</sup>. Trenutno je nepoznato što je uzrok razlike u GFR između osoba koji su rođeni sa solitarnim bubregom i oni koji ga dobiju kasnije u životu, ali pretpostavlja se da mehanizmi koji utječu na promjenu GFR ovise o redukciji bubrežne mase koja se događa s godinama (Schreuder, 2018). Osobe s ASK imaju određeni stupanj glomerularne hiperfiltracije, ali bez značajnog povišenja glomerularnog tlaka, ali osobe s CFK imaju značajnije povišen glomerularni tlak od normalnog (R. Lenihan i sur., 2015). Osobe s CFK

imaju smanjenu ukupnu bubrežnu masu od rođenja te imaju veći rizik obolijevanja od bolesti bubrega i kardiovaskularnih bolesti u odnosu na osobe koje su izgubile bubreg kasnije u životu (Schreuder, 2018).



**Slika.5** Hipoteza: Razlike u patofiziologiji koje dovode do glomerularne hiperfiltracije te koje objašnjavaju razlike u učestalosti ozlijeđe bubrega između osoba koje su izgubile bubreg kasnije u životu i osoba koje imaju solitarni bubreg od rođenja (prema Schreuder, 2018).

### 2.5.3 PREHRANA KOD OSOBA S SOLITARNIM BUBREGOM

Najbitniji čimbenik prehrane koji treba kontrolirati za prevenciju glomerularnog oštećenja je unos proteina (Brenner i sur., 1982). U istraživanju provedeno na štakorima s niskom porođajnom masom te s reduciranim brojem nefrona, pronađeno da povećanjem unosa proteina dovodi do glomerularne hiperfiltracije, proteinurije te glomeruloskleroze (Boubred i sur., 2016). Potrebno je naglasiti da trenutno nisu provedena slična istraživanja na ljudima, ali rezultati ukazuju da je visok unos proteina povezan s većim rizikom od nastanka oštećenja bubrega. S toga se preporučuje da osobe s solitarnim bubregom budu na dijeti s umjerenim unosom proteina od maksimalno 0.8 g/kg/tjelesne mase/dan (Tantisattamo i K.-Zadeh, 2023). S obzirom da su osobe sa solitarnim bubregom izložene većem riziku od razvijanja kardiovaskularnih potrebno je ograničiti unos natrija zbog njegovog utjecaja na povišenje krvnog tlaka putem povećane tubularne reapsorpcije (Schreuder, 2018). Optimalno bi bilo reducirati unos natrija od rođenja ako osoba ima CFK jer se pokazalo da se tako dobije dugotrajno smanjenje krvnog tlaka (Geleijnse i sur., 1997). Također, osobe sa solitarnim bubregom bi trebale održavati umjereni indeks tjelesne mase zbog prevencije razvijanja pretilosti i dijabetesa jer oba stanja dovode do glomerularne hiperfiltracije te dodatnog opterećenja na solitarni bubreg (Schreuder, 2018).

## 2.6. PRIKAZ SAŽETIH PREPORUKA UNOSA PROTEINA

S obzirom što postoji veliki broj faktora i preporuka koji utječu na optimiranje unosa proteina za zdravlje bubrega, potrebno je odrediti najbitnije. Količina unošenog proteina je najbitniji čimbenik koji utječe na zdravlje bubrega te se s obzirom na stanje organizma preporuke mogu sažeti:

1. Opća populacija bez bolesti bubrega – 0.83 g/kg tjelesne mase na dan
2. Sportaši – 1.2-1.7 g/kg tjelesne mase na dan
3. Osobe s kroničnom bolesti bubrega – 0.6-0.8 g/kg tjelesne mase na dan za osobe koje imaju stanje albuminerije te mogu primjenjivati PLADO prehranu pri kojoj unos proteina ne bi trebao biti veći od 0.8 g proteina/kg tjelesne mase na dan
4. Osobe s bubrežnim kamencem - Maksimalno 0.8 g/kg tjelesne mase na dan
5. Osobe s solitarnim bubregom - <0.8 g/kg tjelesne mase na dan

### 2.6.1 TABLIČNI PRIKAZ

Za pregledniji prikaz informacija podaci se mogu prikazati tablično.

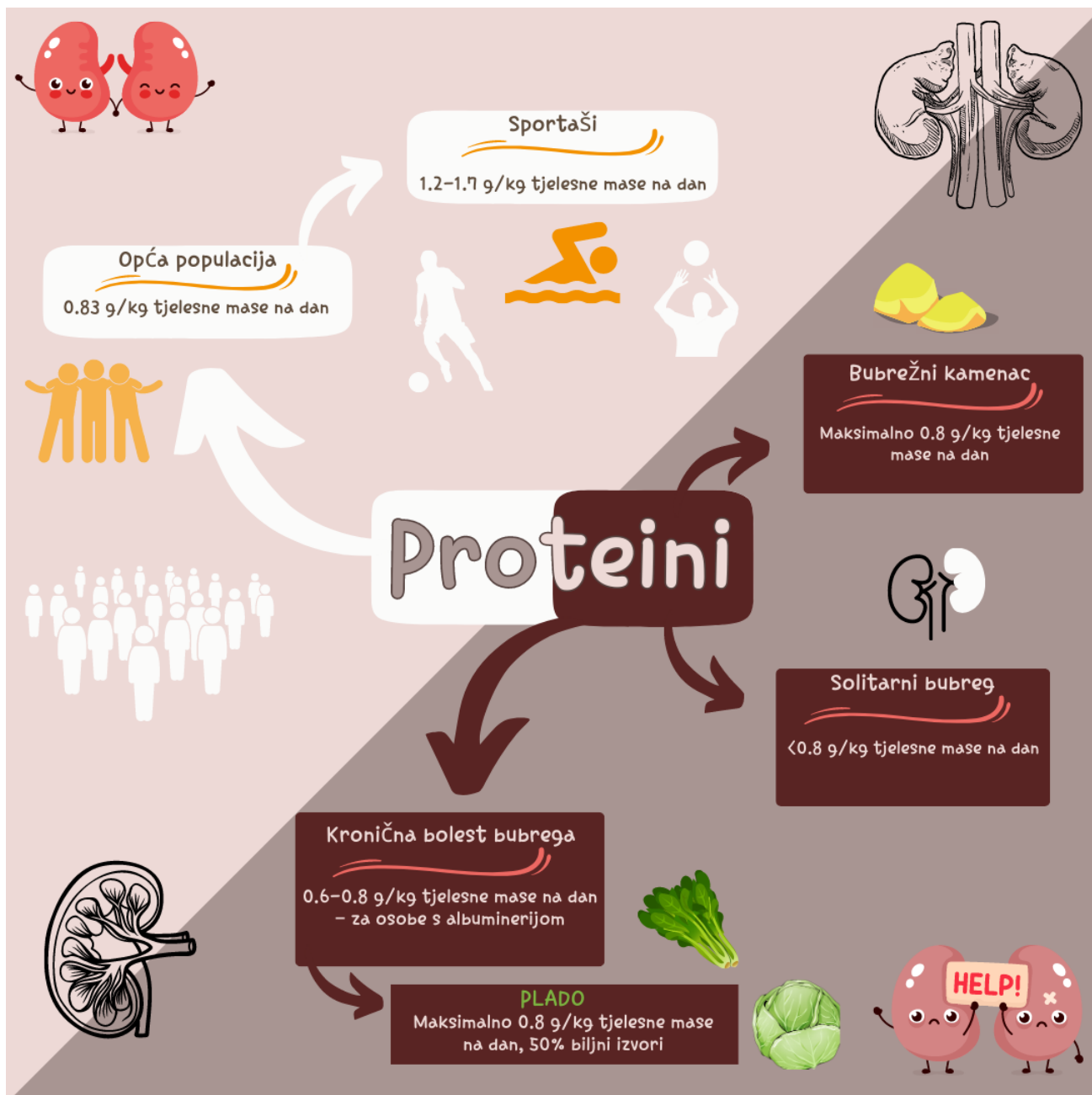
**Tablica 1.** Tablični prikaz preporuka unosa proteina

Stanje organizma	Preporuke unosa proteina	Literatura
Opća populacija bez bolesti bubrega	0.83 g/kg tjelesne mase na dan	WHO (2007)
Sportaši	1.2-1.7 g/kg tjelesne mase na dan	Rodriguez i sur. (2009)

Osobe s kroničnom bolesti bubrega	0.6-0.8 g proteina/kg tjelesne mase na dan – za osobe s albuminerijom	Moore i sur. (2013)
	Maksimalno 0.8 g proteina/kg tjelesne mase na dan, 50% biljni izvori	Zadeh i sur. (2020b)
Osobe s bubrežnim kamencem	Maksimalno 0.8 g/kg tjelesne mase na dan	S Giannini i sur. (1999)
Osobe s solitarnim bubregom	<0.8 g/kg tjelesne mase na dan	Tantisattamo i K.- Zadeh, (2023)

## 2.6.2. INFOGRAFIČKI PRIKAZ

Infografički prikaz prikazuje bitne informacije kroz boje, oblike te slike s kojima se privlači čitateljeva pozornost.



Slika 6. Slikoviti prikaz preporuka za dnevni unos proteina ovisno o stanju organizma

### 3. ZAKLJUČCI

1. Ako osoba nije zahvaćena nekom bolesti bubrega, treba konzumirati 0.83 g proteina dobre kvalitete po kg tjelesne mase na dan.
2. Sportaši koji se bave intenzivnom aktivnošću trebaju konzumirati viši unos proteina, 1.2-1.7 g/kg tjelesne mase na dan.
3. Potrebno je kontrolirati unos proteina zbog prevencija glomerularne hiperfiltracije, koja je bitan čimbenik u patogenezi i napredovanju kroničnih bubrežnih bolesti.
4. Osobe s kroničnom bolesti bubrega trebaju ograničiti unos proteina na 0.6-0.8 g/kg tjelesne mase na dan u svrhu prevencije intersticijske fibroze bubrega.
5. Biljna nisko-proteinska dijeta se potencijalno može koristiti za tretiranje kronične bolesti bubrega. Snižava stupanj glomerularne filtracije zbog sniženog unosa proteina te djeluje na poboljšanje stanja kronične bolesti bubrega preko drugih mehanizama, poput smanjivanje opterećenja bubrega s fosforom, ali potrebno je provesti još istraživanja.
6. Crijevna mikrobiota ima značajnu ulogu u održavanju zdravlja bubrega te ublažavanju simptoma kronične bolesti bubrega.
7. Kontroliranje unosa proteina na 0.8 g/kg tjelesne mase na dan u kombinaciji s unosom voća i povrća dovodi do smanjenja rizika od formiranja bubrežnog kamena.
8. Za očuvanje solitarnog bubrega potrebno je ograničiti unos proteina na maksimalno 0.8 g/kg tjelesne mase na dan da bi se spriječilo glomerularno oštećenje.
9. Korištenjem različitih konceptualnih modela mogu se prikazati preporuke na slikovitiji i pregledniji način. Zbog velikog broja informacija i čimbenika,

pojednostavljenim prikazom najbitnijih informacija se prenosi čitatelju srž preporuka.

#### 4. POPIS LITERATURE

Beck G. (2023) Modification of Diet in Renal Disease (V4) [Dataset]. NIDDK Central Repository. <https://doi.org/10.58020/h754-eg50>

Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition (2002 : Geneva, Switzerland), Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization & United Nations University (2007) Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation, str. 93-96, 224.

Ko GJ, Rhee CM, Kalantar-Zadeh K, Joshi S. (2020) The Effects of High-Protein Diets on Kidney Health and Longevity. *Journal of the American Society of Nephrology* **31**, 1667–1679. <https://doi.org/10.1681/ASN.2020010028>

Bilancio G, Cavallo P, Ciacci C, Cirillo M. (2019) Dietary Protein, Kidney Function and Mortality: Review of the Evidence from Epidemiological Studies. *Nutrients* **11**, 196. <https://doi.org/10.3390/nu11010196>

Yan B, Su X, Xu B, Qiao X, Wang L. (2018) Effect of diet protein restriction on progression of chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *PloS one* **13**, e0206134. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206134>

Picard K, Mager DR, Richard C. (2021) The Impact of Protein Type on Phosphorus Intake, Serum Phosphate Concentrations, and Nutrition Status in Adults with Chronic Kidney Disease: A Critical Review. *Advances in nutrition* **12**, 2099–2111. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab062>

Hahn D, Hodson EM, Fouque D. (2018) Low protein diets for non-diabetic adults with chronic

kidney disease. The Cochrane database of systematic reviews **10**, CD001892. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001892.pub4>

Helal I, Fick-Brosnahan GM, Reed-Gitomer B, Schrier RW. (2012) Glomerular hyperfiltration: definitions, mechanisms and clinical implications. *Nature reviews. Nephrology* **8**, 293–300. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2012.19>

Cortinovis M, Perico N, Ruggenenti P, Remuzzi A, Remuzzi G. (2022) Glomerular hyperfiltration. *Nature reviews. Nephrology* **18**, 435–451. <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00559-y>

Kamper AL, Strandgaard S. (2017) Long-Term Effects of High-Protein Diets on Renal Function. *Annual review of nutrition*, **37**, 347–369. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071714-034426>

Cirillo M, Lombardi C, Chiricone D, De Santo NG, Zanchetti A, Bilancio G. (2014) Protein intake and kidney function in the middle-age population: contrast between cross-sectional and longitudinal data. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association* **29**, 1733–1740. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfu056>

Kalantar-Zadeh K, Kramer HM, Fouque D. (2020) High-protein diet is bad for kidney health: unleashing the taboo. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association* **35**, 1–4. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz216>

Stentz FB, Brewer A, Wan J, Garber C, Daniels B, Sands C i sur. (2016) Remission of pre-diabetes to normal glucose tolerance in obese adults with high protein versus high carbohydrate diet: randomized control trial. *BMJ open diabetes research & care* **4**, e000258. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2016-000258>

American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. (2009) American College of Sports Medicine



position stand. Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise* **41**, 709–731. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31890eb86>

Marathe PH, Gao HX, Close KL (2017) American Diabetes Association Standards of Medical Care in Diabetes. *Journal of diabetes* **9**, 320–324. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12524>

Stevens PE, Levin A; Kidney Disease: Improving Global Outcomes Chronic Kidney Disease Guideline Development Work Group Members (2013) Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: improving global outcomes 2012 clinical practice guideline. *Annals of internal medicine* **158**, 825–830. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00007>

Collard D, van Brussel PM, van de Velde L, Wijntjens GWM, Westerhof BE, Karamaker JM i sur. (2020) Estimation of Intraglomerular Pressure Using Invasive Renal Arterial Pressure and Flow Velocity Measurements in Humans. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN* **31**, 1905–1914. <https://doi.org/10.1681/ASN.2019121272>

Zarantonello D, Rhee CM, Kalantar-Zadeh K, Brunori G. (2021) Novel conservative management of chronic kidney disease via dialysis-free interventions. *Current opinion in nephrology and hypertension* **30**, 97–107. <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000670>

Kalantar-Zadeh K, Jafar TH, Nitsch D, Neuen BL, Perkovic V. (2021) Chronic kidney disease. *Lancet (London, England)* **398**, 786–802. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00519-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00519-5)

Levey AS, Greene T, Beck GJ, Caggiula AW, Kusek JW, Hunsicker LG i sur. (1999) Dietary protein restriction and the progression of chronic renal disease: what have all of the results of the MDRD study shown? Modification of Diet in Renal Disease Study group. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN* **10**, 2426–2439. <https://doi.org/10.1681/ASN.V10112426>

The Modification of Diet in Renal Disease Study: design, methods, and results from the feasibility study (1992) *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation* **20**, 18–33. [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(12\)80313-1](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(12)80313-1)

Peterson JC, Adler S, Burkart JM, Greene T, Hebert LA, Hunsicker LG i sur. (1995) Blood pressure control, proteinuria, and the progression of renal disease. The Modification of Diet in Renal Disease Study. *Annals of internal medicine* **123**, 754–762. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-123-10-199511150-00003>

Moore LW, Byham-Gray LD, Scott Parrott J, Rigassio-Radler D, Mandayam S, Jones SL i sur. (2013) The mean dietary protein intake at different stages of chronic kidney disease is higher than current guidelines. *Kidney international* **83**, 724–732. <https://doi.org/10.1038/ki.2012.420>

Hobby GP, Karaduta O, Dusio GF, Singh M, Zybailov BL, Arthur JM. (2019) Chronic kidney disease and the gut microbiome. *American journal of physiology. Renal physiology* **316**, F1211–F1217. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00298.2018>

Kalantar-Zadeh K, Joshi S, Schlueter R, Cooke J, Brown-Tortorici A, Donnelly M i sur. (2020) Plant-Dominant Low-Protein Diet for Conservative Management of Chronic Kidney Disease. *Nutrients* **12**, 1931. <https://doi.org/10.3390/nu12071931>

Campbell TM, Liebman SE (2019) Plant-based dietary approach to stage 3 chronic kidney disease with hyperphosphataemia. *BMJ case reports* **12**, e232080. <https://doi.org/10.1136/bcr-2019-232080>

Khan SR, Pearle MS, Robertson WG, Gambaro G, Canales BK, Doizi S i sur. (2016) Kidney stones. *Nature reviews. Disease primers* **2**, 16008. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.8>

Fontenelle LF, Sarti TD (2019) Kidney Stones: Treatment and Prevention. *American family physician* **99**, 490–496.

Siener R. (2021) Nutrition and Kidney Stone Disease. *Nutrients* **13**, 1917. <https://doi.org/10.3390/nu13061917>

Giannini S, Nobile M, Sartori L, Dalle Carbonare L, Ciuffreda M, Corrò P i sur. (1999) Acute effects of moderate dietary protein restriction in patients with idiopathic hypercalciuria and calcium nephrolithiasis. *The American journal of clinical nutrition* **69**, 267–271.

<https://doi.org/10.1093/ajcn/69.2.267>

Siener R, Struwe F, Hesse A. (2016) Effect of L-Methionine on the Risk of Phosphate Stone Formation. *Urology* **98**, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2016.08.00>

Ferraro PM, Mandel EI, Curhan GC, Gambaro G, Taylor EN (2016) Dietary Protein and Potassium, Diet-Dependent Net Acid Load, and Risk of Incident Kidney Stones. *Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN* **11**, 1834–1844. <https://doi.org/10.2215/CJN.01520216>

NIDDK (2020) Solitary or Single-functioning Kidney. NIDDK-National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, <https://www.niddk.nih.gov/health-information/kidney-disease/solitary-kidney>. Pristupljeno 7. srpnja 2023.

Schreuder MF, Westland R, van Wijk JA (2009) Unilateral multicystic dysplastic kidney: a meta-analysis of observational studies on the incidence, associated urinary tract malformations and the contralateral kidney. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association* **24**, 1810–1818. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfn777>

Schreuder MF (2018) Life with one kidney. *Pediatric nephrology (Berlin, Germany)* **33**, 595–604. <https://doi.org/10.1007/s00467-017-3686-4>

McArdle Z, Schreuder MF, Moritz KM, Denton KM, Singh RR (2020) Physiology and Pathophysiology of Compensatory Adaptations of a Solitary Functioning Kidney. *Frontiers in physiology* **11**, 725. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00725>

Lenihan CR, Busque S, Derby G, Blouch K, Myers BD, Tan JC (2015) Longitudinal study of living kidney donor glomerular dynamics after nephrectomy. *The Journal of clinical investigation* **125**, 1311–1318. <https://doi.org/10.1172/JCI78885>

Brenner BM, Meyer TW, Hostetter TH (1982) Dietary protein intake and the progressive nature of kidney disease: the role of hemodynamically mediated glomerular injury in the

pathogenesis of progressive glomerular sclerosis in aging, renal ablation, and intrinsic renal disease. *The New England journal of medicine* **307**, 652–659. <https://doi.org/10.1056/NEJM198209093071104>

Boubred F, Delamaire E, Buffat C, Daniel L, Boquien CY, Darmaun D i sur. (2016) High protein intake in neonatal period induces glomerular hypertrophy and sclerosis in adulthood in rats born with IUGR. *Pediatric research* **79**, 22–26. <https://doi.org/10.1038/pr.2015.176>

Geleijnse JM, Hofman A, Witteman JC, Hazebroek AA, Valkenburg HA, Grobbee DE (1997) Long-term effects of neonatal sodium restriction on blood pressure. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)* **29**, 913–917. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.29.4.913>

Tantisattamo E, Kalantar-Zadeh K (2023) Paradigm shift in lifestyle modification for solitary kidney after donor nephrectomy. *Current opinion in nephrology and hypertension* **32**, 67–75. <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000853>

### Izjava o izvornosti

Ja IVAN ĐURAKOVIĆ izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Ivan Đuraković  
Vlastoručni potpis