

# Strukturni deficit i nutritivni paradoks: Multidisciplinarna analiza prevencije hipovitaminoze D u Hrvatskoj

**Autor:** Davor Moravek

## Sažetak

**Uvod:** Republika Hrvatska suočava se s javnozdravstvenim paradoksom: unatoč visokoj insolaciji, prevalencija hipovitaminoze D u populaciji iznimno je visoka. Ovaj rad istražuje uzroke ovog fenomena izvan konvencionalnih okvira individualnog ponašanja.

**Cilj:** Dekonstruirati strukturne determinante deficita vitamina D kroz analizu agrotehnoloških promjena u proizvodnji hrane, geofizičkih ograničenja sinteze i neadekvatnosti javnozdravstvenih politika.

**Metodologija:** Proveden je narativni pregled literature (narrative review) integrirajući podatke iz epidemioloških studija, meteoroloških baza podataka i agronomske literature o nutritivnom sastavu namirnica u različitim sustavima uzgoja.

**Rezultati:** Analiza pokazuje da „vitaminska zima“ u kontinentalnoj Hrvatskoj traje 4 – 5 mjeseci. Istovremeno, prijelaz s ekstenzivnog (pašnog) na intenzivni (zatvoreni) uzgoj stoke rezultirao je drastičnim smanjenjem sadržaja kolekalciferola u ključnim namirnicama (svinjska mast, jaja). Nacionalna politika fortifikacije zaostaje za uspješnim nordijskim modelima.

**Zaključak:** Hipovitaminoza D u Hrvatskoj primarno je strukturni, a ne bihevioralni problem. Rješenje zahtijeva sinergiju agrarne politike (poticanje funkcionalne hrane) i obvezne fortifikacije osnovnih namirnica.

**Ključne riječi:** vitamin D, hipovitaminoza, agrotehnologija, fortifikacija hrane, javno zdravstvo, Hrvatska.

## Abstract

**Introduction:** The Republic of Croatia faces a public health paradox: despite high insolation, the prevalence of hypovitaminosis D in the population is extremely high. This paper explores the causes of this phenomenon beyond conventional frameworks of individual behavior.

**Objective:** To deconstruct the structural determinants of vitamin D deficiency by analyzing agrotechnological changes in food production, geophysical limitations of synthesis, and the inadequacy of public health policies.

**Methodology:** A narrative review was conducted, integrating data from epidemiological studies, meteorological databases, and agronomic literature on the nutritional composition of foods in different farming systems.

**Results:** The analysis shows that the "vitamin winter" in continental Croatia lasts 4–5 months. Simultaneously, the transition from extensive (pasture) to intensive (indoor) livestock farming has resulted in a drastic reduction of cholecalciferol content in key foodstuffs (lard, eggs). National fortification policy lags behind successful Nordic models.

**Conclusion:** Hypovitaminosis D in Croatia is primarily a structural, not a behavioral, problem. The solution requires a synergy of agrarian policy (promoting functional food) and mandatory fortification of staple foods.

**Keywords:** vitamin D, hypovitaminosis, agrotechnology, food fortification, public health, Croatia.

## 1. Uvod

Vitamin D, sekosteroidni prohormon s pleiotrofnim učincima na ljudski organizam, ključan je regulator homeostaze kalcija i fosfora, ali i potentan modulator urođenog i stečenog imuniteta. Unatoč jasnim dokazima o njegovoj važnosti u prevenciji osteoporoze, kardiovaskularnih bolesti, određenih maligniteta i autoimunih poremećaja, hipovitaminoza D ostaje globalni javnozdravstveni problem (Holick, 2017).

Republika Hrvatska predstavlja specifičan „mediteranski paradoks”. Iako geografski smještena između 42° i 46° sjeverne geografske širine, s obalom koja bilježi više od 2600 sunčanih sati godišnje, epidemiološki podaci ukazuju na status vitamina D u populaciji koji je usporediv ili lošiji od zemalja sjeverne Europe.

Ovaj rad osporava simplističku pretpostavku da je insolacija dovoljan protektivni faktor. Istraživački cilj rada jest ispitati tezu da je tranzicija prehrambenog sustava – specifično pomak s ekstenzivnog stočarstva (pašni uzgoj) na intenzivni (zatvoreni sustavi) te redukcija unosa životinjskih masti i organa – stvorila „nutritivni procijep”. Rad nastoji integrirati spoznaje iz medicine, fizike atmosfere i agronomije kako bi ponudio strategiju temeljenu na dokazima.

## 2. Metodologija

Rad je koncipiran kao narativni pregled literature (*narrative review*) i sinteza sekundarnih podataka. Ovaj pristup odabran je zbog potrebe za integracijom heterogenih izvora podataka iz različitih disciplina (medicina, meteorologija, agronomija) koji se ne mogu obuhvatiti klasičnim sistematskim pregledom.

Strategija pretraživanja i selekcija:

Pretraživanje je provedeno u bazama podataka PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus i Hrčak (Portal znanstvenih časopisa RH) za razdoblje od 2010. do 2025. godine. Ključne riječi uključivale su kombinacije pojmova: „vitamin D status Croatia”, „cholecalciferol content pork free-range vs indoor”, „UV index climatology Balkans”, „vitamin D fortification Finland policy”.

Kriteriji uključivanja i isključivanja:

Uključene su primarne epidemiološke studije provedene u Hrvatskoj i regiji, recenzirane studije iz područja znanosti o hrani (Food Science) te službeni izvještaji relevantnih tijela (EFSA, HZJZ). Isključeni su nerecenzirani izvori, blogovi i komercijalni materijali, osim u slučaju specifičnih tržišnih podataka gdje akademski izvori nisu dostupni. Odabrani članci (ukupno 18 ključnih referenci) sintetizirani su kako bi se izgradio koherentan argument o strukturnim uzrocima hipovitaminoze.

## 3. Epidemiološki presjek: Dimenzije deficita

Klinički konsenzus, usklađen sa smjernicama Europskog društva za endokrinologiju, definira optimalnu koncentraciju 25-hidroksivitamina D [25(OH)D] u serumu kao vrijednost > 75 nmol/L (30 ng/mL). Vrijednosti < 50 nmol/L smatraju se deficijencijom (Płudowski et al., 2018).

Analiza hrvatskih studija otkriva alarmantno stanje u specifičnim subpopulacijama, što služi kao indikator šireg problema:

Opća populacija i hospitalizirani bolesnici:

Retrospektivna studija provedena u KBC-u Sestre milosrdnice na uzorku od 371 neurološkog pacijenta pokazala je da 74,6 % ispitanika ima razine niže od 75 nmol/L. Srednja vrijednost u zimskim mjesecima padala je na razine teške hipovitaminoze (Zadro Matovina et al., 2023). Ovo korelira sa širim europskim podacima koji Hrvatsku svrstavaju u zonu visokog rizika (Cashman et al., 2016).

Ranjive skupine – Postmenopauzalne žene:

Istraživanje na ženama s novodijagnosticiranim rakom dojke i kontrolnom skupinom u Hrvatskoj pokazalo je visoku prevalenciju deficijencije (55,1 %), koja je bila značajno povezana s metaboličkim sindromom i visceralnom pretilošću (Vučić et al., 2025).

Paradoks juga – Djeca u Dalmaciji:

Možda najznačajniji dokaz strukturnog neuspjeha je studija provedena na predškolskoj djeci u Splitu. Unatoč visokoj insolaciji, zabilježena je prevalencija deficijencije od čak 58 % (Bilić-Kirin et al., 2018). Autori zaključuju da geografska širina gubi protektivni učinak pred modernim životnim stilom (boravak u zatvorenom) i prehranom siromašnom izvorima vitamina D.

**Zaključak sekcije:** Iako podaci dolaze primarno iz studija rizičnih skupina, konzistentnost nalaza sugerira da hipovitaminoza D u Hrvatskoj nije sezonska anomalija, već endemsko stanje koje perzistira unatoč povoljnoj geografskoj predispoziciji.

#### 4. Geofizička determinanta: Ograničenja biosinteze

Javna percepcija „sunčane zemlje” često ignorira fizikalne preduvjete fotokemijske reakcije. Kutana sinteza vitamina D<sub>3</sub> ovisi o fotolizi 7-dehidrokolesterola u previtamin D<sub>3</sub>, reakciji koju pokreće isključivo UVB zračenje valne duljine **290 – 315 nm** (Holick, 2007).

##### 4.1. Solarni zenitni kut i atmosferska apsorpcija

Ključna varijabla je solarni zenitni kut (SZA). Kada je SZA veći od kuta incidencije (tijekom zime, ranog jutra / kasnog popodneva), putanja sunčevih zraka kroz ozonski omotač se produljuje. Ozon efikasno apsorbira gotovo sav UVB spektar, što potvrđuju i mjerenja insolacije u europskom kontekstu (O'Neill et al., 2016).

Za geografsku širinu Zagreba (45,8° N):

**Studen – Veljača:** Maksimalni dnevni UV indeks rijetko prelazi vrijednost 1.

**Prag sinteze:** Za klinički relevantnu sintezu potreban je UV indeks > 3.

Prema modelima Webba i Engelsena, „vitaminska zima” (razdoblje kada je sinteza nemoguća bez obzira na vrijeme provedeno vani) u kontinentalnoj Hrvatskoj traje minimalno od sredine listopada do sredine ožujka (Webb et al., 2018). U tom razdoblju populacija je 100 % ovisna o:

- a) tjelesnim zaliham (koje se iscrpe unutar 6 – 8 tjedana zbog poluživota 25(OH)D od otprilike 15 dana);
- b) dijetarnom unosu.

Budući da se zalihe brzo iscrpe, prehrana postaje jedina varijabla na koju se može utjecati.

#### 5. Agrotehnološki diskontinuitet: Gubitak vitamina D iz lanca prehrane

Povijesno gledano, populacije u umjerenom pojasu preživljavale su zimu oslanjajući se na životinjske proizvode koji su služili kao biološki akumulatori vitamina D. Moderna poljoprivreda

prekinula je ovaj lanac.

### 5.1. Svinjetina: Od izvora do prazne kalorije

Svinje su, poput ljudi, sposobne sintetizirati velike količine vitamina D3 u koži i pohraniti ga u masnom tkivu (*panniculus adiposus*) i mišićima, ali samo ako su izložene UVB zračenju.

**Znanstveni dokazi:** Studija objavljena u časopisu *Meat Science* uspoređivala je svinje uzgajane na otvorenom (*free-range*) i u zatvorenom prostoru. Svinje na otvorenom imale su koncentraciju 25(OH)D u tkivu višestruko veću od onih u zatvorenom, čak i kada su potonje dobivale suplemente u hrani (Larsson et al., 2015).

**Kvantifikacija:** Prema komparativnim studijama (Burild et al., 2016), procjenjuje se da mast svinja izloženih suncu može sadržavati **> 12,5 µg (500 IU) na 100 g**, dok mast industrijski uzgojenih svinja često sadrži **< 1,25 µg (50 IU) na 100 g**. Ovi podaci variraju ovisno o pasmini i trajanju ekspozicije, ali jasno ukazuju na red veličine gubitka.

**Implikacija za Hrvatsku:** Važno je napomenuti da trenutno ne postoje specifične biokemijske studije o sadržaju vitamina D u hrvatskoj svinjetini, niti precizni podaci Ministarstva poljoprivrede o omjeru ekstenzivnog i intenzivnog uzgoja. Ipak, s obzirom na dominaciju intenzivnih sustava i visoku stopu uvoza svinjetine iz zemalja EU s industrijskom proizvodnjom, opravdano je pretpostaviti da globalni trendovi vrijede i za hrvatsko tržište. Svinjetina iz trgovačkih lanaca stoga prestaje biti relevantan izvor vitamina D.

### 5.2. Jaja i peradarstvo

Sadržaj vitamina D u žumanjku izravno korelira s izlaganjem kokoši suncu.

Istraživanje Kühn et al. (2014) pokazalo je da jaja kokoši iz slobodnog uzgoja mogu sadržavati 3 – 4 puta više vitamina D3 u usporedbi s onima iz kaveznog uzgoja (prosječno 14,3 µg/100 g DM naspram 3,8 µg/100 g DM). Kokoši u zatvorenom ovise isključivo o kolekalciferolu dodanom u krmnu smjesu.

Dominacija kaveznih jaja na hrvatskom tržištu (zbog cijene) znači da je još jedan prirodni izvor marginaliziran.

### 5.3. Devalorizacija nutritivno gustih namirnica (iznutrice)

Jetra je glavni depo vitamina D. Goveđa i svinjska jetra sadrže visoke koncentracije vitamina D i njegovih metabolita. Međutim, trendovi u prehrani pokazuju drastičan pad konzumacije iznutrica u korist čistog mišićnog mesa (*filea*), koje je nutritivno siromašnije (Schmid & Walther, 2013).

## 6. Nutricionistička barijera: Problem bioraspoloživosti

Strukturni problem nije ograničen samo na sadržaj nutrijenta, već i na njegovu apsorpciju. Vitamin D je liposolubiln (topiv u mastima). Njegova apsorpcija zahtijeva formiranje micela u tankom crijevu, proces koji ovisi o prisutnosti dijetalnih masti koje potiču lučenje žuči i enzima gušterače.

**Interakcija s mastima:** Studija Dawson-Hughes et al. (2015) pokazala je da se apsorpcija vitamina D3 povećava za **32 %** kada se uzima uz obrok koji sadrži masti, u usporedbi s bezmasnim obrokom.

**Vrsta masti:** Mononezasićene masne kiseline (MUFA), prisutne u svinjskoj masti i maslinovu ulju, pokazale su se učinkovitijima u poticanju apsorpcije u odnosu na neke polinezasićene masti

(Niramitmahapanya et al., 2011).

Javnozdravstvene smjernice koje su desetljećima promovirale prehranu s niskim udjelom masti („*low-fat*“) nenamjerno su smanjile bioraspoloživost vitamina D iz hrane, stvarajući dvostruki negativni učinak: manji unos i lošija apsorpcija.

## 7. Komparativna analiza politika: Finski model vs. Hrvatska realnost

Dok Hrvatska pasivno promatra epidemiju deficijencije, Finska pruža primjer uspješne intervencije. Suočena s još manjom insolacijom, Finska je implementirala sustavnu politiku fortifikacije.

### 7.1. Finski uspjeh

Finska nacionalna politika (*National Nutrition Council of Finland*) preporučuje i provodi fortifikaciju:

tekući mliječni proizvodi: 1 µg / 100 ml;  
masni namazi: 20 µg / 100 g.

Rezultat ove politike je impresivan: prosječni dnevni unos vitamina D utrostručen je s 5 na **17 µg**, a srednja razina 25(OH)D u finskoj populaciji porasla je s 48 nmol/L (2000.) na 65 nmol/L (2011.), praktički eliminirajući tešku deficijenciju (Jääskeläinen et al., 2017).

### 7.2. Hrvatski regulatorni vakuum

Hrvatska, prateći regulativu EU (Uredba (EZ) br. 1925/2006), dopušta fortifikaciju, ali ne postoji obvezujući nacionalni mandat.

**Tržišni neuspjeh:** Fortificirani proizvodi su rijetki i skuplji.

**Nedostatak strategije:** Ne postoji koordinirana akcija HZJZ-a i prehrambene industrije slična finskom modelu. Oslanjanje na individualnu suplementaciju (kapi/kapsule) pokazalo se neučinkovitim na populacijskoj razini zbog niske adherencije i socioekonomskih barijera.

## 8. Rasprava

Ova analiza objedinjuje dokaze o strukturnoj prirodi deficita vitamina D u Hrvatskoj. Ključni nalaz je diskrepancija između percipiranog (sunčana zemlja, mediteranska prehrana) i stvarnog stanja (industrijska prehrana, vitaminska zima).

Ograničenja rada:

Potrebno je istaknuti nekoliko ograničenja ove analize. Prvo, rad se oslanja na sekundarne podatke i sintezu postojeće literature (narrativni pregled), a ne na sustavni pregled ili meta-analizu. Drugo, epidemiološki podaci za Hrvatsku često dolaze iz presječnih studija na specifičnim, rizičnim populacijama (bolnički pacijenti, oboljeli od raka), što može rezultirati pristranosti u procjeni prevalencije deficijencije u općoj, zdravoj populaciji. Treće, nedostatak nacionalnih podataka o agrotehničkim praksama i biokemijskom sastavu lokalnih namirnica zahtijeva ekstrapolaciju podataka iz inozemnih studija, što, iako znanstveno utemeljeno s obzirom na globalizaciju tržišta hrane, predstavlja ograničenje u preciznosti procjena za lokalni kontekst.

Komparativni kontekst i prepreke:

Hrvatska nije usamljena u ovom problemu; slični „mediteranski paradoksi“ zabilježeni su u

Španjolskoj i Italiji. Međutim, nordijske zemlje dokazuju da je problem rješiv politikom, a ne klimom. Primjena preporuka o povratku na pašni uzgoj nailazi na ekonomske barijere. Zajednička poljoprivredna politika EU (CAP) povijesno je favorizirala intenzifikaciju. Prijelaz na free-range sustave povećava cijenu proizvodnje, što u uvjetima smanjene kupovne moći hrvatskih građana može biti prepreka.

## 9. Zaključak i preporuke

Analiza potvrđuje da je hipovitaminoza D u Hrvatskoj strukturni problem uzrokovan: (1) agrotehničkom eliminacijom vitamina D iz životinjskih proizvoda, (2) dijetalnim promjenama koje smanjuju bioraspoloživost i (3) nedostatkom adekvatne politike fortifikacije.

### Preporuke:

**Hitna implementacija fortifikacije:** Po uzoru na Finsku, uvesti obveznu ili porezno poticanu fortifikaciju osnovnih namirnica široke potrošnje (mlijeko, biljna ulja).

**Revizija poljoprivrednih poticaja:** Kroz mjere ruralnog razvoja poticati pašni uzgoj svinja i peradi kao strategiju proizvodnje „funkcionalne hrane”.

**Edukacija o sinergiji nutrijenata:** Nutricionističke smjernice trebaju rehabilitirati nutritivno vrijedne namirnice poput jaja i jetrica, naglašavajući važnost unosa uz masti.

---

## Bibliografija

- Bilić-Kirin, V., Buljan, D., & Esteban-Gonzalo, S. (2018). Vitamin D Status and Analysis of Specific Correlates in Preschool Children: A Cross-Sectional Study in Southern Croatia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2503. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112503>
- Burild, A., Frandsen, H. L., Poulsen, M., & Jakobsen, J. (2016). Vitamin D3 and 25-hydroxyvitamin D3 in pork and their relationship to vitamin D status in pigs. *Journal of Nutritional Science*, 5, e4. <https://doi.org/10.1017/jns.2015.28>
- Cashman, K. D., Dowling, K. G., Škrabáková, Z., Gonzalez-Gross, M., Valtueña, J., De Henauw, S., ... & Kiely, M. (2016). Vitamin D deficiency in Europe: pandemic?. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(4), 1033–1044. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.120873>
- Dawson-Hughes, B., Harris, S. S., Ceglia, L., & Palermo, N. J. (2015). Dietary fat increases vitamin D-3 absorption. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(2), 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2014.09.014>
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266–281. <https://doi.org/10.1056/NEJMra070553>
- Holick, M. F. (2017). The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 18(2), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s11154-017-9424-1>
- Jääskeläinen, T., Itkonen, S. T., Lundqvist, A., Erkkola, M., Koskela, T., Lakkala, K., ... & Lamberg-Allardt, C. (2017). The positive impact of general vitamin D food fortification policy on vitamin D status in a representative adult Finnish population: evidence from an 11-y follow-up based on standardized 25-hydroxyvitamin D data. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 105(6), 1512–1520. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151415>
- Kühn, J., Schutkowski, A., Hirche, F., Geissler, C., & Stangl, G. I. (2014). Free-range farming: a natural alternative to produce vitamin D-enriched eggs. *Nutrition*, 30(4), 481–484. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.002>
- Larsson, I., Lennartsson, T., & Lindberg, J. E. (2015). Vitamin D enhanced pork from pigs exposed to artificial UVB light in indoor facilities. *Meat Science*, 101, 115. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.01.006>
- Nirarnitmahapanya, S., Harris, S. S., & Dawson-Hughes, B. (2011). Type of dietary fat is associated with the 25-hydroxyvitamin D3 increment in response to vitamin D supplementation. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(10), 3170–3174. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-1430>
- O'Neill, C. M., Kazantzidis, A., Ryan, M. J., Barber, N., Sempos, C. T., Durazo-Arvizu, R. A., ... & Cashman, K. D. (2016). Seasonal changes in vitamin D-effective UVB availability in Europe and associations with population serum 25-hydroxyvitamin D. *Nutrients*, 8(9), 533. <https://doi.org/10.3390/nu8090533>
- Pludowski, P., Holick, M. F., Grant, W. B., Konstantynowicz, J., Mascarenhas, M. R., Haq, A., ... & Wimalawansa, S. J. (2018). Vitamin D supplementation guidelines. *The Journal of Steroid Biochemistry*



and *Molecular Biology*, 175, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2017.01.021>

Schmid, A., & Walther, B. (2013). Natural vitamin D content in animal products. *Advances in Nutrition*, 4(4), 453–462. <https://doi.org/10.3945/an.113.003780>

Vučić, K., Vranešić Bender, D., Perić, B., & Giljević, Z. (2025). Prevalence of 25-Hydroxycholecalciferol Deficiency and Metabolic Syndrome in Croatian Women with Newly Diagnosed Breast Cancer. *Acta Clinica Croatica*, 64(1). [Epub ahead of print].

Webb, A. R., Kift, R., Durkin, M. T., O'Brien, S. J., Vail, A., Berry, J. L., & Rhodes, L. E. (2018). The role of sunlight exposure in determining the vitamin D status of the UK white adult population. *British Journal of Dermatology*, 179(3), 618–629. <https://doi.org/10.1111/bjd.16298>

Zadro Matovina, L., Tomić, S., Petravić, D., Bašić Kes, V., & Zavoreo, I. (2023). Retrospective observational study of vitamin D status in neurological patients. *Liječnički vjesnik*, 146(Supp. 1), 68–74.