

EFECTELE PARTICULELOR DE MICROPLASTIC ȘI NANOPLASTIC ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR ȘI A ORGANISMULUI UMAN

Alecsandra Andreea BUDIHOI^{1,2,3,*}, *Valeria POP*^{4,5,7},
Alexandru OZUNU^{5,6,7}, *Monica POPA*⁸

¹ Asist. Univ. Disciplina de Epidemiologie UMF Cluj-Napoca

² Medic specialist Epidemiologie

³ Medic specialist Diabet Zaharat, Nutriție și Boli Metabolice

⁴ Școala Doctorală Știința și Ingineria Mediului, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, România

⁵ Universitatea Babeș Bolyai, Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului

⁶ Universitatea Statului Liber, Centrul de Formare și Educație pentru Managementul Dezastrelor pentru Africa (DiMTEC), Bloemfontein, Africa de Sud

⁷ Institutul de Cercetare pentru Durabilitate și Managementul Dezastrelor Bazat pe Calcul de Înaltă Performanță, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, Universitatea Babeș-Bolyai, str.

Fântânele 30, 400294 Cluj-Napoca

⁸ Șef Disciplină Igiena, UMF „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca

Rezumat

Introducere: Materialele plastice reprezintă una dintre principalele surse de deșeuri, care afectează mediul înconjurător cu repercursiuni asupra organismului uman. Până de curând, acest subiect nu a fost atât de abordat, posibil din cauza multor lucruri incomplet cunoscute, dar și a industriilor mari care folosesc inevitabil materiale plastice și care doresc să își promoveze și să își dezvolte businessurile la un potențial maxim. Următorul material prezintă efectele nocive pe care le pot avea componentele din plastic asupra sănătății umane, fiind un semnal de alarmă pentru sănătatea publică.

Obiectivul principal al acestui studiu este de a scoate în evidență riscurile generate de Mps și Np asupra sănătății umane. În realizarea studiului nostru ne-am bazat pe o cercetare

calitativă, bazându-ne în același timp pe o revizuire cuprinzătoare a literaturii existente și pe o analiză critică comparativă, accesând date din Science Direct, Google Scholar, articole de reviste, rapoarte guvernamentale, publicații ale organizațiilor internaționale de mediu, având prioritate studiile publicate în ultimii ani. **Rezultate:** Mps afectează sistemul reproductiv, creșterea riscului privind apariția bolilor vasculare și nu în ultimul rând aceste particule afectează pielea, modificând funcțiile normale ale acesteia. Trebuie luat în considerare impactul pe care îl are Mps-ul și Np-ul pentru sănătatea publică, dar și pentru mediul înconjurător deoarece aceste particule minuscule afectează toți factorii de mediu: apa, aer, sol și biodiversitatea.

Cuvinte cheie: microplastic, nano-plastic, mediul înconjurător, sănătatea umană, risc;

* **Autor corespondent***: A. Budihoi, Asist. Univ. Disciplina de Epidemiologie UMF Cluj-Napoca, e-mail: deeaalesia@yhoo.com

Article received: 12.07.2024, **accepted:** 23.07.2024, **published:** 28.07.2024

Cite: Budihoi AA, Pop V, Ozunu A, Popa M. The effects of microplastic and nano plastic particles on the environment and the human body. The Journal of School and University Medicine 2024. 11(2):21-31

THE EFFECTS OF MICROPLASTIC AND NANO PLASTIC PARTICLES ON THE ENVIRONMENT AND THE HUMAN BODY

Abstract

Introduction: Plastic materials represent one of the main sources of waste, affecting the environment with repercussions on the human body. Until recently, this topic has not been so addressed, possibly because of many incompletely known things, but also because of the large industries that inevitably use plastic materials and want to promote and develop their businesses to their maximum potential. The following material presents the harmful effects plastic components can have on human health, which is an alarm signal for public health.

The main **objective** of this study is to highlight the effects of Mps and Np on human health. In carrying out our study we relied on qualitative research, while relying on a comprehensive review of existing literature and critical

comparative analysis, accessing data from Science Direct, Google Scholar, journal articles, government reports, and publications of international environmental organizations, giving priority to studies published in recent years.

Results: Mps affects the reproductive system, increase the risk of vascular diseases, and last but not least these particles affect the skin, changing its normal functions. The impact that Mps and Np have on public health and also on the environment must be taken into account because these tiny particles affect all environmental factors: water, air, soil, and biodiversity.

Keywords: microplastic, nano plastic, environment, human health, risk;

1. Introducere

În ultimele decenii, microplasticul (Mps) a devenit un subiect de interes major în studiile de mediu datorită impactului lor semnificativ asupra ecosistemelor globale. Mps sunt fragmente de plastic de dimensiuni foarte mici, de obicei mai mici de 5 mm [1], care pot proveni din degradarea obiectelor mai mari de plastic sau din produse concepute intenționat la aceste dimensiuni, cum ar fi microsferile din produse cosmetice. Aceste particule minuscule au fost detectate în toate mediile naturale, afectând factorii de mediu într-un mod complex și adesea negativ. Problema majoră este că Mps este răspândit asupra celor patru factori principali de mediu: apa, aerul, solul și biodiversitatea. Se crede că expunerea umană la poluare este mai intensă acum decât în orice alt moment al existenței umane [2].

Conceptul de plastic a apărut în 1907, modificând evoluția istoriei umane prin apariția Erei Polimerice. Polimerii sunt frecvent întâlniți în natură, cum este cazul celulozei, dar și în organismul uman, proteinele fiind structuri de bază, inclusiv ADN-ul, care este un polimer important în transmiterea informațiilor genetice [3].

Impactul pe care îl poate avea plasticul asupra organismului uman, indiferent de stadiul de dezvoltare, a devenit o problemă de sănătate publică, care îi preocupă din ce în ce mai mult pe cercetătorii din domeniul medical. Încă nu se știe cu exactitate efectul și nivelul de risc pentru fiecare tip de plastic sau componentele acestuia [4]. Sunt din ce în ce mai multe dovezi că particulele de plastic de mici dimensiuni, Mps și nanoplastic (Np), care odată ajunse în organismul uman pe

diferite căi, pot duce la apariția unor disfuncționalități și patologii cu consecințe care pot impacta calitatea vieții într-un mod sau altul. În medie, în țările europene sunt produse 114 kg de deșeuri din plastic de persoană [5].

Potrivit lui Suaria [6], producția de plastic, până în 2050 se va cvadrula, lucru care ar trebui

să vină cu multe semne de întrebare și cu luarea de măsuri din partea guvernelor, ONG-urilor și nu în ultimul rând avem nevoie de o percepție și o atitudine crescută pentru tipul acesta de risc cu implicații în toți factorii de mediu: apa, aer, sol și biodiversitate.

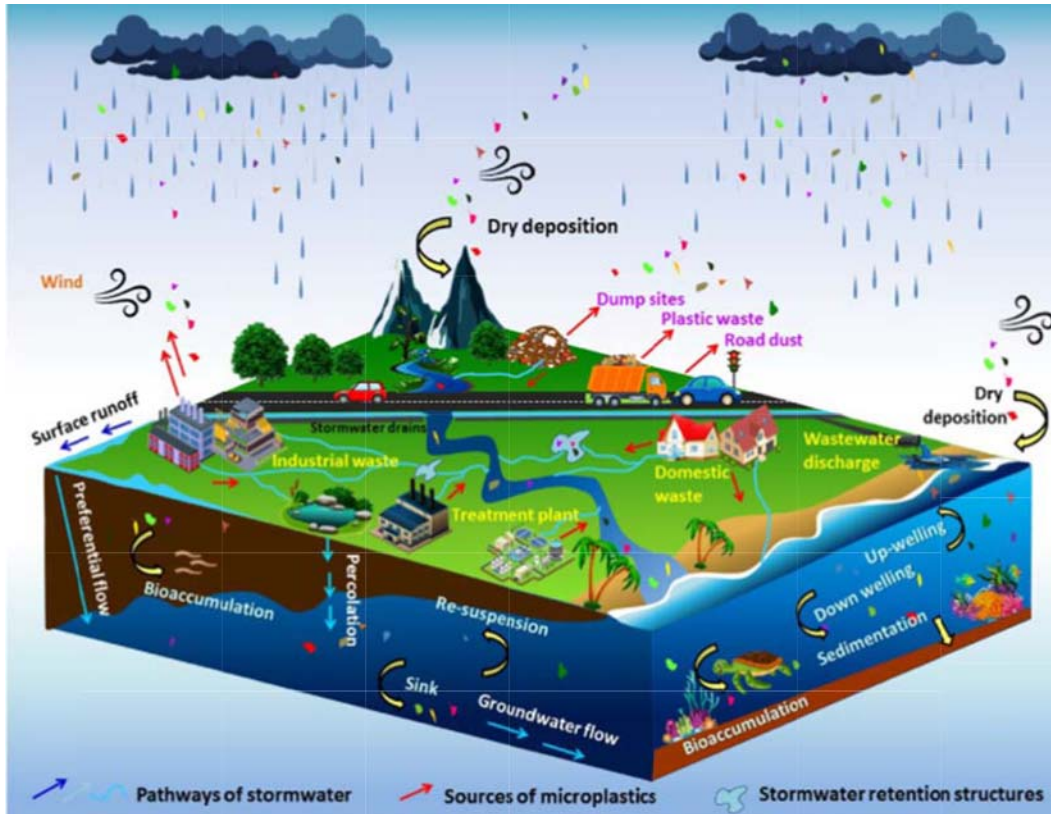


Fig. 1. Surse potențiale, căi și soarta Mps din apele pluviale și sedimentele apelor pluviale din mediu [7]

1.1. Factori de mediu în care au fost detectate Mps

Apă: Mps sunt omniprezente în mediile acvatice, de la râuri [8] și lacuri până la oceane și mări [9], [10], [11]. Ele pot intra în sistemele de apă prin diverse căi, inclusiv deversările industriale, scurgerile de la gropile de gunoi și din apele reziduale. Odată ajunse în apă, aceste particule sunt ingerate de o varietate de organisme acvatice, de la plancton la pești și mamifere marine, perturbând lanțurile trofice și provocând probleme de sănătate pentru speciile afectate.

Aer: Recent, cercetările au dezvăluit că Mps pot fi transportate și prin aer [12]. Aceste particule sunt eliberate în atmosferă prin uzura

anvelopelor, erodarea vopselei și alte procese industriale. Odată ajunse în aer Mps, pot fi inhalate de oameni și animale, prezentând riscuri potențiale pentru sănătatea respiratorie. De asemenea, ele se pot depune din nou pe sol și în corpurile de apă, perpetuând ciclul contaminării.

Sol: Solul, un alt factor de mediu critic, nu este scutit de contaminarea cu Mps. Surse principale includ aplicarea de nămoluri de epurare, utilizarea îngrășămintelor și fragmentarea obiectelor din plastic aruncate în natură.

Mps din sol pot afecta structura acestuia și pot inhiba creșterea plantelor, influențând negativ productivitatea agricolă și sănătatea ecosistemelor terestre [13].

Biodiversitate: Impactul asupra biodiversității este deosebit de îngrijorător, deoarece Mps afectează o gamă largă de specii. Ingestia de Mps poate duce la probleme digestive, toxicitate chimică și chiar moartea organismelor. Pe lângă impactul direct asupra vieții sălbatice, Mps contribuie și la perturbarea habitatelor naturale și a echilibrului ecologic [14], având consecințe pe termen lung asupra biodiversității planetare [15]. Această introducere stabilește contextul pentru discuții detaliate despre fiecare factor de mediu, subliniind importanța și urgența studierii și abordării problemelor cauzate de Mps [16].

1.2. Clasificare Mps

Mps ajută la înțelegerea diversității și la identificarea surselor și mecanismelor prin care acestea ajung în mediu, facilitând astfel măsurile de gestionare și remediere.

După Sursă se impart in (i) Mps Primare: Microsfere (particule de plastic care sunt fabricate intenționat la dimensiuni mici, folosite în produse cosmetice, paste de dinți și produse de curățenie)/ Pelete de plastic (materii prime folosite în industria plasticului pentru a crea produse din plastic). **(ii) Mps Secundare:** Fragmente (rezultă din degradarea obiectelor mai mari din plastic, cum ar fi sticlele și pungile de plastic, prin procese fizice, chimice și biologice) Fibre (provenite din textile sintetice care se desprind în timpul spălării hainelor)/Foarte mici particule (rezultate din uzura anvelopelor de vehicule și din vopsele sau acoperiri plastice) [17].

După Dimensiune: (i) Microparticule (sunt vizibile cu ochiul liber și includ fragmente mai mari de plastic, <5 mm) **(ii) Nanoparticule**, <1 mm: (aceste particule sunt foarte mici și pot fi invizibile pentru ochiul liber, necesitând instrumente speciale pentru a fi detectate) [18].

Clasificare după Formă: [19] **(i) Fragmente** (bucăți neregulate de plastic care provin din spargerea obiectelor mai mari) / **(ii) Fibre** (particule lungi și subțiri, adesea rezultate din textile sau plase de pescuit) / **(iii) Filme** (particule subțiri și plate, provenite de obicei din pungi de plastic și ambalaje) / **(iv) Peleți** (particule mici, rotunde sau cilindrice, folosite ca materii prime în producția de plastic) / **(v) Spume** (fragmente de

materiale plastice spumate, cum ar fi polistirenul expandat, folosite în ambalaje și izolații).

Clasificare după Compoziția Chimică: (i) Polietilenă, PE (utilizată în fabricarea pungilor de plastic, ambalajelor alimentare și sticlelor) **(ii) Polipropilenă**, PP, (folosită în fabricarea capaceilor de sticle, ambalajelor și articolelor casnice) **(iii) Polistiren**, PS (utilizat în ambalaje de unică folosință, tacâmuri și izolații) **(iv) Polietilen tereftalat**, PET (folosit în fabricarea sticlelor de băuturi și a fibrelor textile) **(v) Poliuretan**, PU (Utilizat în fabricarea spumelor pentru saltele și izolații) **(vi) Alți polimeri** cum ar fi policlorură de vinil- PVC, poliamide- PA și altele, utilizate în diverse aplicații industriale și de consum [20].

1.3. Poluarea Mps la depozitele de gunoi

Gropile de gunoi sunt surse semnificative de poluare cu Mps, contribuind la dispersarea lor în mediu prin diverse mecanisme [21], [22]. Deșeurile de plastic care ajung în gropile de gunoi suferă un proces lent de degradare, ducând la formarea de Mps. În plus, procesele de gestionare a deșeurilor [23] precum compactarea și manipularea mecanică pot duce la eliberarea de Mps în aer și sol. Aceste particule mici pot intra apoi în lanțurile trofice terestre și acvatice [24], având un potențial impact asupra sănătății umane [25], [26] și ecosistemelor [27].

Degradarea deșeurilor de plastic: plasticul se degradează foarte lent, adesea sub acțiunea luminii UV, a oxigenului și a stresului mecanic. În timpul acestui proces, materialele plastice se descompun în bucăți mai mici, generând Mps. Deși acest proces poate dura decenii sau chiar sute de ani, cantitățile de Mps acumulate în mediu sunt semnificative [28], [29].

Procese de gestionare a deșeurilor: gestionarea deșeurilor la depozitul de deșeuri implică operațiuni precum compactarea [30] și manipularea mecanică a deșeurilor. Aceste procese pot duce la eliberarea de Mps în mediu. În timpul compactării, presiunea aplicată deșeurilor poate provoca fragmentarea materialelor plastice [31]. În plus, manipularea mecanică a deșeurilor, cum ar fi sortarea și transferul acestora, poate duce la dispersarea Mps în aer și sol [32].

Impactul asupra mediului și sănătății: Mps eliberat din gropile de gunoi poate contamina solul și apa, fiind transportat de vânt și precipitații. Aceste particule pot fi ingerate de organismele terestre și acvatice, pătrunzând astfel în lanțurile trofice. Potrivit Cui [33] poluarea cu Mps poate avea efecte toxice asupra vieții sălbatice, afectând creșterea, reproducerea și comportamentul acestora. La oameni, expunerea la Mps poate avea efecte adverse asupra sănătății [34], deși cercetările în acest domeniu sunt încă în desfășurare.

În România, gropile de gunoi reprezintă o preocupare majoră în ceea ce privește poluarea cu Mps [35]. Sistemul de management al deșeurilor [36] în unele zone nu este suficient de eficient pentru a preveni eliberarea de Mps în mediu. Practicile inadecvate de gestionare a deșeurilor, inclusiv arderea necontrolată, pot exacerba problema poluării cu Mps. Arderea necontrolată a deșeurilor de plastic nu numai că eliberează Mps, ci și substanțe chimice toxice care pot avea un impact negativ semnificativ asupra calității aerului [37] și asupra sănătății umane [38]. Măsuri necesare: Pentru a reduce impactul Mps generat de depozitele de deșeurii asupra mediului și sănătății publice din România, este esențială îmbunătățirea infrastructurii de gestionare a deșeurilor. Acestea includ: (i) Tehnologii avansate: implementarea tehnologiilor avansate de reciclare [39] și de tratare a deșeurilor pentru a reduce cantitatea de plastic care ajunge în gropile de gunoi. (ii) Reglementări stricte: aplicarea unor reglementări stricte privind gestionarea deșeurilor [40], [41] și interzicerea arderii necontrolate. (iii) Educație și conștientizare: campanii de educație și conștientizare pentru publicul larg cu privire la impactul Mps și importanța reciclării. (iv) Cercetare și monitorizare: Investiții în cercetare și monitorizare constantă a nivelurilor Mps în sol și apă [42] pentru a evalua eficacitatea măsurilor luate.

1.4. Cadrul economiei circulare și poluarea Mps a solului și a aerului cu efecte asupra sanatații umane

La nivel global, economia circulară este o abordare strategică crucială [43] pentru gestionarea eficientă a resurselor și reducerea poluării [44] inclusiv poluarea cu Mps în sol și aer.

Principiile economiei circulare promovează reducerea la minimum a deșeurilor și maximizarea resurselor prin reutilizarea, reciclarea și regenerarea produselor și materialelor. În contextul poluării cu Mps, economia circulară încurajează reducerea consumului de plastic, proiectarea produselor pentru durabilitate și reciclare, precum și implementarea unor sisteme eficiente de gestionare a deșeurilor.

Organizațiile internaționale și statele membre au început să adopte politici și strategii de promovare a economiei circulare în sectoare cheie precum ambalajele și materialele plastice [45] *struggling to achieve the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs*. Inițiativele includ stabilirea de obiective clare de reciclare a plasticului, stimulente pentru inovare și dezvoltarea de tehnologii durabile de reciclare Mps [46]. Implementarea eficientă a acestor măsuri este esențială pentru a reduce impactul Mps asupra mediului și asupra sănătății umane la nivel global.

În România, economia circulară devine din ce în ce mai relevantă în contextul gestionării poluării cu Mps în sol și aer. Strategiile naționale de economie circulară urmăresc îmbunătățirea managementului deșeurilor și promovarea inovației în reciclarea și recuperarea materialelor reciclabile, inclusiv a plasticului [47]. Prin implementarea acestor strategii, se urmărește reducerea emisiilor de Mps în mediu și îmbunătățirea calității aerului și a solului.

Autoritățile române lucrează în colaborare cu sectorul privat și organizații neguvernamentale pentru a dezvolta proiecte și inițiative de sprijinire a economiei circulare și de reducere a poluării cu Mps [21]. În acest sens, sunt promovate campanii de conștientizare a publicului, inițiative de reducere a consumului de plastic și programe de educație ecologică. Implementarea eficientă a cadrului economiei circulare în România este esențială pentru atingerea obiectivelor de mediu și sustenabilitate pe termen lung [48].

2. Obiectivele studiului

Obiectivul acestui studiu este de a evidenția riscurile generate de Mps și Np asupra sănătății

umane. Prin analiza detaliată a rezultatelor, ne propunem să subliniem impactul acestor particule asupra bunăstării umane și să atragem atenția asupra necesității de a proteja populația de expunerea la Mps, contribuind în același timp la conștientizarea impactului lor asupra mediului înconjurător.

3. Materiale și metode

Studiul nostru este un design de cercetare calitativă, bazându-ne în același timp pe o revizuire cuprinzătoare a literaturii existente și pe o analiză critică comparativă. Datele pentru acest studiu au fost colectate din Science Direct, Google Scholar, articole de reviste, rapoarte guvernamentale, publicații ale organizațiilor internaționale de mediu, având prioritate studiile publicate în ultimii ani. Pentru a identifica și sintetiza informații am revizuit literatura cu privire la poluantul emergent, Mps cu efecte asupra sănătății umane și asupra mediului.

4. Rezultate

4.1. Mps și Np/ Efectele asupra pielii

O singură particulă de Mps se poate degrada în bilioane de nanoparticule. Mps are diverse efecte asupra pielii, cum ar fi iritații, inflamație, modificarea funcției normale (rol de barieră, detox etc). Np-ul fiind de dimensiuni mai mici, poate penetra mai ușor membrana celulară perturbând funcția acesteia având diferite efecte nocive [49].

Studiile arată că prin piele pătrund cel mai frecvent molecule de Mps și Np din produsele de peeling pentru față și corp dar și din fibrele hainelor pe care le purtăm. Np sunt cele care penetrează stratul cornos al pielii datorită dimensiunilor mici de sub 100nm [50]. De asemenea, un studiu publicat în revista germană Journal of Biophotonics, a demonstrat posibilitatea pătrunderii prin piele a Np cu dimensiuni până la 200 nm, la nivelul striatiilor, canalelor lipidice și a folișurilor de păr fin, cum ar fi puful [51]. Cavitatea bucală și foliculii piloși de pe scalp reprezintă receptori pasivi pentru Mps [52]. Odată cu pătrunderea acestor particule prin piele, se inițiază un răspuns imunitar prin activarea receptorilor de la

nivelul keratocitelor, celulelor Lagerhans, celulele dendritice, melanocite, macrofage, celulele T. Sunt secretate molecule proinflamatorii (IL 1, 6, 10, 17, 18, 22, TNF etc) care induc prin diferite mecanisme apoptoza celulară cu afectarea integrității pielii (27). Np-ul poate să interacționeze cu diferite proteine schimbându-le structura implicit și funcția [53]. Mps/Np pot să pătrundă în celule printr-un mecanism de endocitoză, fagocitoză, cumulatuse în citoplasmă ducând la distrugerea celulară [54]. Prin toate aceste mecanisme, expunerea la Np și Mps duce la îmbătrânirea prematură a celulelor [55] implicit schimbând funcția și estetica pielii.

4.2. Mps / Bolile vasculare

Bolile cardiovasculare reprezintă prima cauză de deces din România, infarctul miocardic având procentul cel mai mare. Au apărut din ce în ce mai multe studii care arată o legătură dintre prezența Mps lui în plăcile de aterom și hipercoagulabilitate, cu producerea de evenimente cardiovasculare. Un studiu prospectiv observațional multicentric, efectuat în Italia, având un eșantion de 257 de pacienți care au suferit o intervenție de endarterectomie carotidiană, a arătat că în componența plăcii de aterom care a fost îndepărtată au fost găsite particule de Mps, polietilenă 58,4% și clorură de vinil 12,1%. Monitorizarea la 34 de luni post intervenție a arătat că la acei pacienți la care s-au descoperit particule de Mps în placa de aterom, au un risc mai mare de a face infarct, AVC sau de a deceda de orice cauză [56].

În Aprilie anul curent, un studiu din China [58], a analizat componența cheagurilor de sânge a trei vase majore: venele profunde de la nivelul membrelor inferioare, arterele coronare și cerebrale. În studiu au fost incluși 30 de pacienți care au necesitat trombectomie în urma unui infarct miocardic, AVC sau tromboza venoasă profundă. S-au analizat trombii prelevați imediat după intervenție. Rezultatele au arătat că în proporție de 80%, acei trombi conțineau particule de polietilenă, clorură de vinil și poliamidă. De asemenea valoarea D-dimerilor a fost mult mai mare la pacienții la care Mps ul a fost detectat în cheagurile de sânge.

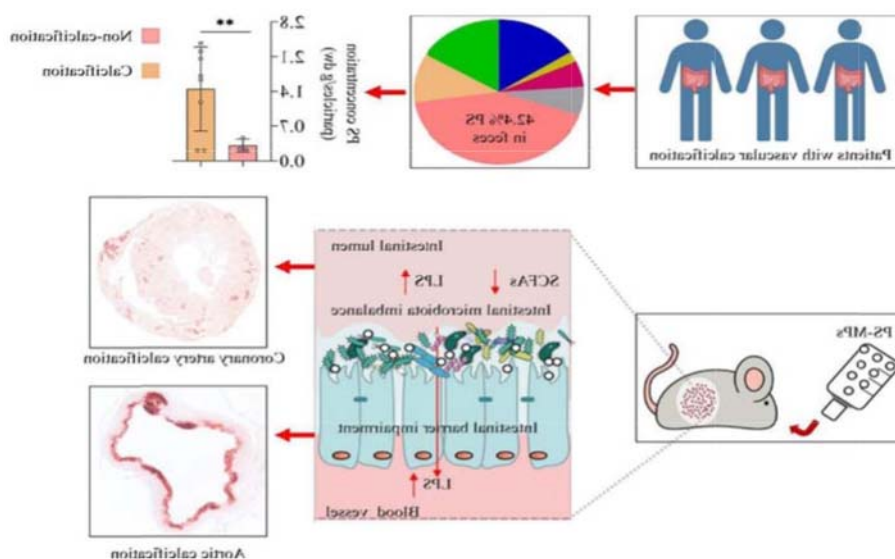


Fig. 2. Mps și bolile vasculare [57]

4.3. Mps / sistemul reproducător

Afectarea sistemului reproducător a fost pusă în vedere din ce în ce mai mult în ultima perioadă, din cauza modificărilor factorilor de risc. A scăzut vârsta medie pentru anumite patologii, prevenția încă nu este destul de valorificată, a crescut impactul factorilor de risc și au apărut posibile noi cauze pentru diferite probleme de sănătate. Recent, cercetătorii dintr-un studiu chinezesc, au descoperit Mps, predominant polietilena, în probe canine și umane de lichid seminal [59].

Conform datelor de pe siteul OurWorldData [60], în anul 1965 femeile aveau în medie câte 5 copii, 50 de ani mai târziu rata fertilității scăzând

la 2.5. În România rata fertilității este aproximativ 1.7, cu o ușoară creștere față de anii anteriori. Vârsta de reproducere a femeii și numărul de nașteri sunt variabile importante pentru a analiza o populație din punct de vedere numeric. Impactul pe care îl poate avea un nou factor de risc asupra fertilității masculine poate avea un efect negativ asupra ratei fertilității implicit pentru dezvoltarea populațională.

Descoperirea particulelor de Mps în lichidul seminal ar trebui să ne pună pe gânduri referitor la evitarea surselor de plastic: recipiente, tacâmuri, cosmetice, obiecte vestimentare, poluarea mediului. Și în acest caz, prevenția este foarte importantă, cu rol în creșterea calității vieții.



Fig. 3 Contaminarea globală cu plastic [61]

Unele dintre modalitățile de a scădea riscul expunerii la componentele din plastic și de a fi introduse în organism sunt: (i) Reducerea folosirii recipientelor din plastic, în special cele de unică folosință. Se pot înlocui cu sticle reutilizabile din alte materiale, plase din material, de asemenea paie și tacâmuri reutilizabile, (ii) Cumpărarea obiectelor vestimentare făcute din materiale naturale cum ar fi bumbac, mătase, lână, (iii) Hainele pe care le spălam să fie din materiale naturale, pentru că apa folosită preia plasticul din materiale și poate să intoxice solul, cu consecințe asupra faunei, naturii implicit omul, (iv) Promovarea transportului sustenabil. “Mergeti mai des pe jos, cu bicicleta, transportul în comun, pentru a reduce cantitatea plasticului care se produce prin fricțiunea cauciucurilor cu asfaltul, poluând astfel aerul, aer pe care îl respirăm inhalând astfel și plasticul produs, cu afectarea sistemului respirator și nu numai”, (v) Folosirea produselor cosmetice, pasta de dinti, scruburi, care nu conțin anumite componente toxice, cum ar fi polietilena, policlorura de vinil și altele. Sunt branduri care promovează sustenabilitatea și folosesc ingrediente naturale.

4.4. Politici de reducere a poluării cu Mps în România

În România, implementarea unor politici eficiente de reducere a poluării cu Mps este esențială pentru protejarea mediului și a sănătății publice. Una dintre inițiativele importante a fost introducerea unei legislații care interzice utilizarea pungilor subțiri de plastic [62] în magazine pentru a reduce consumul și poluarea deșeurilor de plastic. Această măsură a fost însoțită de campanii educaționale pentru conștientizarea publicului cu privire la impactul negativ al plasticului asupra mediului și promovarea utilizării alternative a materialelor biodegradabile sau reutilizabile.

În plus, autoritățile române au implementat programe mai eficiente de gestionare a deșeurilor și de modernizare a infrastructurii de reciclare [47]. Îmbunătățirea colectării selective a deșeurilor și promovarea reciclării adecvate sunt măsuri esențiale pentru a reduce cantitatea de plastic care ajunge în mediu, inclusiv în sol și apă.

Fondurile europene au fost direcționate și către proiecte care vizează implementarea tehnologiilor inovatoare pentru reciclarea plasticului și reducerea poluării cu Mps în România.

În viitor, este planificată extinderea politicilor existente și adoptarea unor reglementări mai stricte pentru industria materialelor plastice și alte sectoare care generează deșeuri. De asemenea, este necesară întărirea colaborării dintre guvern, sectorul privat și organizațiile neguvernamentale pentru elaborarea de strategii integrate pentru managementul Mps și monitorizarea impactului măsurilor luate asupra mediului și a sănătății publice în România.

5. Discuții

Este foarte important să înțelegem cât de gravă este situația și să fim conștienți de impactul pe care îl are comportamentul și alegerile noastre în protejarea planetei și a propriei noastre sănătăți. Informarea continuă și din surse sigure aduce cele mai mari avantaje și beneficii pentru protejarea mediului înconjurător și păstrarea calității vieții. Pe lângă efectele pe care le are asupra sănătății umane, plasticul este implicat și în fenomenul de încălzire globală. Încălzirea globală duce la creșterea nivelului mării, dispariția anumitor specii de plante și animale, fenomene climatice extreme. Aceste consecințe ne influențează calitatea vieții și sănătatea. Sănătatea umană este afectată de Mps/Np încă din viața intrauterină prin transferul transplacentar dar și prin procesul de alaptare.

Modificările suferite de organismul uman pot să fie majore implicând, pe lângă afectarea pielii, a sistemului cardiovascular sau a sistemului reproducător masculin, și patologii neoplazice sau perturbări ale sistemului endocrin. Sănătatea publică este pusă în pericol din ce în ce mai mult de folosirea acestui tip de material, pe care îl utilizează marile companii în produsele care le asigură veniturile. La nivel mondial, cantitatea de plastic este într-o continuă creștere ajungând, conform statisticilor OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), la peste 44 de milioane de tone pe an în 2024. După

cum afirma Inger Anderson, directorul executiv al United Nations Environment Programme, „să învățăm să conviețuim cu plasticul, nu să fim dominați de acesta [63]. Fiecare dintre noi poate să decidă responsabil și să aleagă variantele sănătoase sau mai puțin nocive pentru organism.

6. Concluzii generale

Concluzionând, ne dăm seama că nu putem reduce chiar la zero expunerea la componentele din plastic, dar avem posibilitatea să alegem din anumite opțiuni mai prietenoase cu corpul uman, implicit pentru sănătatea noastră. Plasticul o să facă mereu parte din ce ne înconjoară, ce consumăm, cu probabilitatea de a produce diverse efecte negative asupra noastră. Mps ul și Np ul sunt răspândite în toate mediile cu repercursiuni grave asupra biodiversității.

Cu toate acestea trebuie luat în considerare impactul pe care îl are Mps ul și Np ul pentru sănătatea publică, acestea afectând organismul uman în toate stadiile de dezvoltare cât și în viața adultă. Repercursiunile pot fi vizibile la nivelul pielii putând să apară iritații, inflamații, cu modificarea funcției normale (rol de barieră, detox etc.), produsele cosmetice fiind sursele cele mai frecvente de Mps și Np [64].

Un alt impact este cel asupra sistemului cardiovascular, precipitând apariția plăcilor de aterom și a cheagurilor de sânge, care pot duce la evenimente cardiovasculare, acestea fiind printre primele cauze de deces din România.

De asemenea, sistemul reproducător este și el afectat, în special sistemul reproducător masculin. Studiile au arătat prezența Mps în lichidul seminal, cu scăderea calității fertilității.

Cel mai important de reținut este că există soluții pentru a minimaliza aceste riscuri, cu păstrarea calității vieții: recipientele cu consumabile să fie din alt material, haine din componente naturale, mijloace sustenabile de transport și produse de îngrijire care nu conțin Mps sau Np. Suntem suma alegerilor noastre.

Referințe

- [1] D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson, and M. Barlaz, “Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments,” *Phil. Trans. R. Soc. B*, vol. 364, no. 1526, pp. 1985–1998, Jul. 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0205.
- [2] L. M. Schell, M. V. Gallo, M. Denham, and J. Ravenscroft, “Effects of Pollution on Human Growth and Development: An Introduction,” *J Physiol Anthropol*, vol. 25, no. 1, pp. 103–112, 2006, doi: 10.2114/jpa2.25.103.
- [3] ACS Chemistry for Life, “Leo Hendrick Baekeland and the Invention of Bakelite.” 1993. [Online]. Available: <https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html>
- [4] World Health Organization, “WHO Health dialogue: Plastics in health care.” 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/events/detail/2023/11/08/default-calendar/who-health-dialogue--plastics-in-health-care>
- [5] OECD, “Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD.” 2022. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2022/02/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.html>
- [6] G. Suaria *et al.*, “The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters,” *Sci Rep*, vol. 6, no. 1, p. 37551, Dec. 2016, doi: 10.1038/srep37551.
- [7] M. Sewwandi, A. Kumar, S. Palawatta, and M. Vithanage, “Microplastics in urban stormwater sediments and runoff: An essential component in the microplastic cycle,” *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, p. 117824, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.trac.2024.117824.
- [8] D. Eerkes-Medrano, R. C. Thompson, and D. C. Aldridge, “Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs,” *Water Research*, vol. 75, pp. 63–82, May 2015, doi: 10.1016/j.watres.2015.02.012.
- [9] A. Z. Abidin, E. V. Yemencia, H. P. R. Graha, and H. M. Anshari, “Identifying microplastic particle in the drinking water using Raman spectroscopy method,” presented at the THE 7TH BIOMEDICAL ENGINEERING’S RECENT PROGRESS IN BIOMATERIALS, DRUGS DEVELOPMENT, AND MEDICAL DEVICES: The 15th Asian Congress on Biotechnology in conjunction with the 7th International Symposium on Biomedical Engineering (ACB-ISBE 2022), Bali, Indonesia, 2024, p. 060010, doi: 10.1063/5.0199439.
- [10] A. Curtean-Bănăduc, C. Mihuş, A. Burcea, G. S. McCall, C. Matei, and D. Bănăduc, “Freshwater ecosystems’ benthic microplastic uptake in fish: the case study of *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758),” In Review, preprint, Nov. 2022. doi: 10.21203/rs.3.rs-2253909/v1.
- [11] D. Dunea, “Water Quality and Anthropogenic Pressures in a Changing Environment: The Arges River Basin, Romania,” in *Water Quality - Factors and Impacts*, D. Dunea, Ed., IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.101790.
- [12] P. Dwivedi, P. K. Mishra, M. K. Mondal, and N. Srivastava, “Non-biodegradable polymeric waste pyrolysis for energy recovery,” *Heliyon*, vol. 5, no. 8, p. e02198, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02198.

- [13] J. Gasperi *et al.*, “Microplastics in air: Are we breathing it in?,” *Current Opinion in Environmental Science & Health*, vol. 1, pp. 1–5, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.coesh.2017.10.002.
- [14] Parlamentul European, “Microplastic particles: sources, effects and solutions.” 2018. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/society/20181116STO19217/microplasticcele-surse-efecte-si-solutii>
- [15] D. R. Munhoz, P. Harkes, N. Beriot, J. Larreta, and O. C. Basurko, “Microplastics: A Review of Policies and Responses,” *Microplastics*, vol. 2, no. 1, pp. 1–26, Dec. 2022, doi: 10.3390/microplastics2010001.
- [16] M. Carbery, W. O’Connor, and T. Palanisami, “Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health,” *Environment International*, vol. 115, pp. 400–409, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.envint.2018.03.007.
- [17] Q. Gan, J. Cui, and B. Jin, “Environmental microplastics: Classification, sources, fates, and effects on plants,” *Chemosphere*, vol. 313, p. 137559, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137559.
- [18] J. R. Bermúdez and P. W. Swarzenski, “A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods,” *MethodsX*, vol. 8, p. 101516, 2021, doi: 10.1016/j.mex.2021.101516.
- [19] C. Jiao, J. Liao, and S. He, “An aberration-free line scan confocal Raman imager and type classification and distribution detection of microplastics,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 470, p. 134191, May 2024, doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134191.
- [20] R. Goyette, L. Kortazar, and J. M. Amigo, “Issues with the detection and classification of microplastics in marine sediments with chemical imaging and machine learning,” *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 166, p. 117221, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.trac.2023.117221.
- [21] Comisia Europeana, “COMUNICARE A COMISIEI CĂTRE PARLAMENTUL EUROPEAN, CONSILIUL, COMITETUL ECONOMIC ȘI SOCIAL EUROPEAN ȘI COMITETUL REGIUNILOR.” 2020. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF
- [22] S. Manzoor, N. Naqash, G. Rashid, and R. Singh, “Plastic Material Degradation and Formation of Microplastic in the Environment: A Review,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, pp. 3254–3260, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.379.
- [23] S. R. Seyyedi, E. Kowsari, M. Gheibi, A. Chinnapan, and S. Ramakrishna, “A comprehensive review integration of digitalization and circular economy in waste management by adopting artificial intelligence approaches: Towards a simulation model,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 460, p. 142584, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142584.
- [24] Z. Yan *et al.*, “Polystyrene microplastics alter the trophic transfer and biotoxicity of fluoxetine in an aquatic food chain,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 470, p. 134179, May 2024, doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134179.
- [25] C. M. Boateng *et al.*, “Microplastics in the Volta Lake: Occurrence, distribution, and human health implications,” *Heliyon*, vol. 10, no. 7, p. e29041, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29041.
- [26] E. C. Emenike *et al.*, “From oceans to dinner plates: The impact of microplastics on human health,” *Heliyon*, vol. 9, no. 10, p. e20440, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20440.
- [27] D. Dwiyitno, C. Schwanen, H. I. Januar, F. Ariyani, H. E. Irianto, and J. Schwarzbauer, “Microplastic profile in the sediment of Jakarta Bay estuary, Indonesia: Characterization based on size fraction and the potential risk to the ecosystem,” *Regional Studies in Marine Science*, vol. 73, p. 103465, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.rsma.2024.103465.
- [28] F. Javid, G. Ali, A. Rehman, R. Naeem, I. Ali, and I. Naz, “Assessment of plastic degradation by indigenous bacteria from waste disposal sites,” *Emerging Contaminants*, vol. 10, no. 3, p. 100323, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.emcon.2024.100323.
- [29] J. Zhai *et al.*, “Degradation and filling modification of plastic waste for improvement of the slurryability of coal-plastic-water slurry,” *Fuel*, vol. 344, p. 128137, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2023.128137.
- [30] C. Liu, J. Tang, and Z.-H. Zhang, “Impacts of capacity redundancy and process flexibility on risk mitigation in e-waste recycling supply chain management,” *Omega*, vol. 128, p. 103110, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.omega.2024.103110.
- [31] G. Suzuki *et al.*, “Global discharge of microplastics from mechanical recycling of plastic waste,” *Environmental Pollution*, vol. 348, p. 123855, May 2024, doi: 10.1016/j.envpol.2024.123855.
- [32] Y. Ma, W. A. Stubbings, M. A.-E. Abdallah, R. Cline-Cole, and S. Harrad, “Formal waste treatment facilities as a source of halogenated flame retardants and organophosphate esters to the environment: A critical review with particular focus on outdoor air and soil,” *Science of The Total Environment*, vol. 807, p. 150747, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150747.
- [33] S. Cui *et al.*, “Factors influencing the distribution, risk, and transport of microplastics and heavy metals for wildlife and habitats in ‘island’ landscapes: From source to sink,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 476, p. 134938, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134938.
- [34] C. Salazar-Pérez *et al.*, “First insight into plastics ingestion by fish in the Gulf of California, Mexico,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 171, p. 112705, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112705.
- [35] F.-C. Mihai, S.-R. Ulman, and V. Pop, “Macro and microplastic pollution in Romania: addressing knowledge gaps and potential solutions under the circular economy framework,” *PeerJ*, vol. 12, p. e17546, Jun. 2024, doi: 10.7717/peerj.17546.
- [36] D.-A. Iluțiu-Varvara, C. Aciu, C. Maria Mârza, I.-M. Sas - Boca, and M. Tintelean, “Assessment of recycling potential of the oily mill scale in the steelmaking industry,” *Procedia Manufacturing*, vol. 22, pp. 228–232, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.035.
- [37] S. Nandi, R. N. Kumar, A. Dhandapani, and J. Iqbal, “Characterization of microplastics in outdoor and indoor air in Ranchi, Jharkhand, India: First insights from the region,” *Environmental Pollution*, vol. 346, p. 123543, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.envpol.2024.123543.
- [38] M. S. Saeed, F. Fahd, F. Khan, B. Chen, and R. Sadiq, “Human health risk model for microplastic exposure in the Arctic

- region,” *Science of The Total Environment*, vol. 895, p. 165150, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165150.
- [39] M. Kusenber *et al.*, “Towards high-quality petrochemical feedstocks from mixed plastic packaging waste via advanced recycling: The past, present and future,” *Fuel Processing Technology*, vol. 238, p. 107474, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.fuproc.2022.107474.
- [40] M. Agovino, M. Cerciello, G. Musella, and A. Garofalo, “European waste management regulations and the transition towards circular economy. A shift-and-share analysis,” *Journal of Environmental Management*, vol. 354, p. 120423, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120423.
- [41] T. D. Yıldız, M. O. Güner, and O. Kural, “Effects of EU-Compliant mining waste regulation on Turkish mining sector: A review of characterization, classification, storage, management, recovery of mineral wastes,” *Resources Policy*, vol. 90, p. 104836, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.resourpol.2024.104836.
- [42] P. S. Vaisakh, U. K. Adarsh, K. Amrutha, A. K. Warrior, V. B. Kartha, and V. K. Unnikrishnan, “Integrated LIBS-Raman spectroscopy: A comprehensive approach to monitor microplastics and heavy metal contamination in water resources,” *Environmental Research*, vol. 231, p. 116198, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.envres.2023.116198.
- [43] Dobrescu E., “ROMANIAN ECONOMIC SCIENCES CELEBRATING THE CENTENARY.” 2018. [Online]. Available: https://www.isec.am/images/hayt_07052019/Anuar-Zane_2018.pdf
- [44] A. Ozunu *et al.*, “Case studies regarding the remediation of polluted soils from inactive industrial sites,” *Environ. Eng. Manag. J.*, vol. 8, no. 4, pp. 923–930, 2009, doi: 10.30638/eemj.2009.133.
- [45] F.-C. Mihai *et al.*, “Plastic Pollution, Waste Management Issues, and Circular Economy Opportunities in Rural Communities,” *Sustainability*, vol. 14, no. 1, p. 20, Dec. 2021, doi: 10.3390/su14010020.
- [46] I. O. Kunlere and K. U. Shah, “A recycling technology selection framework for evaluating the effectiveness of plastic recycling technologies for circular economy advancement,” *Circular Economy*, vol. 2, no. 4, p. 100066, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.ccc.2023.100066.
- [47] Guvernul Romaniei, “Strategia Națională privind Economia Circulară.” 2022. [Online]. Available: <https://dezvoltaredurabila.gov.ro/strategia-nationala-privind-economia-circulara-13409762>
- [48] Curtea de conturi europeana, “Economia circulară.” 2023. [Online]. Available: https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_RO.pdf
- [49] M. Shen *et al.*, “Recent advances in toxicological research of nanoplastics in the environment: A review,” *Environmental Pollution*, vol. 252, pp. 511–521, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.102.
- [50] M. Revel, A. Châtel, and C. Mouneyrac, “Micro(nano)plastics: A threat to human health?,” *Current Opinion in Environmental Science & Health*, vol. 1, pp. 17–23, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.coesh.2017.10.003.
- [51] N. Döge *et al.*, “Identification of polystyrene nanoparticle penetration across intact skin barrier as rare event at sites of focal particle aggregations,” *Journal of Biophotonics*, vol. 11, no. 4, p. e201700169, Apr. 2018, doi: 10.1002/jbio.201700169.
- [52] S. Jatana, L. Callahan, A. Pentland, and L. DeLouise, “Impact of Cosmetic Lotions on Nanoparticle Penetration through ex Vivo C57BL/6 Hairless Mouse and Human Skin: A Comparison Study,” *Cosmetics*, vol. 3, no. 1, p. 6, Feb. 2016, doi: 10.3390/cosmetics3010006.
- [53] L. Treuel, S. Brandholt, P. Maffre, S. Wiegeler, L. Shang, and G. U. Nienhaus, “Impact of Protein Modification on the Protein Corona on Nanoparticles and Nanoparticle–Cell Interactions,” *ACS Nano*, vol. 8, no. 1, pp. 503–513, Jan. 2014, doi: 10.1021/nn405019v.
- [54] M. S.-L. Yee *et al.*, “Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health,” *Nanomaterials*, vol. 11, no. 2, p. 496, Feb. 2021, doi: 10.3390/nano11020496.
- [55] P. M. Gopinath *et al.*, “Prospects on the nano-plastic particles internalization and induction of cellular response in human keratinocytes,” *Part Fibre Toxicol*, vol. 18, no. 1, p. 35, Dec. 2021, doi: 10.1186/s12989-021-00428-9.
- [56] R. Marfella *et al.*, “Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events,” *N Engl J Med*, vol. 390, no. 10, pp. 900–910, Mar. 2024, doi: 10.1056/NEJMoa2309822.
- [57] J. Yan *et al.*, “Toxic vascular effects of polystyrene microplastic exposure,” *Science of The Total Environment*, vol. 905, p. 167215, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167215.
- [58] T. Wang *et al.*, “Multimodal detection and analysis of microplastics in human thrombi from multiple anatomically distinct sites,” *eBioMedicine*, vol. 103, p. 105118, May 2024, doi: 10.1016/j.ebiom.2024.105118.
- [59] C. J. Hu *et al.*, “Microplastic presence in dog and human testis and its potential association with sperm count and weights of testis and epididymis,” *Toxicological Sciences*, p. kfae060, May 2024, doi: 10.1093/toxsci/kfae060.
- [60] Max Roser, “Population momentum: If the number of children per woman is falling, why is the population still increasing?” 2019. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/population-momentum>
- [61] A. Herrera, “Contaminación Global Por Plásticos: Estadísticas Y Datos Actualizados,” 2023, [Online]. Available: <https://ecologiadigital.bio/cuales-son-las-estadisticas-de-contaminacion-por-plasticos-a-nivel-global/>
- [62] Ministerul Mediului, “Directiva UE 2015/720.” 2015. [Online]. Available: <https://www.cdep.ro/proiecte/2018/000/40/8/conc61.pdf>
- [63] The Lancet, “Ending plastic pollution: an opportunity for health,” *The Lancet*, vol. 403, no. 10440, p. 1951, May 2024, doi: 10.1016/S0140-6736(24)01018-3.
- [64] B. J. Seewoo *et al.*, “The plastic health map: A systematic evidence map of human health studies on plastic-associated chemicals,” *Environment International*, vol. 181, p. 108225, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.envint.2023.108225.