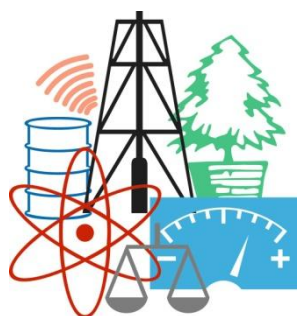


# WASTE FORUM



ELECTRONIC PEER-REVIEWED OPEN-ACCESS JOURNAL  
ON ALL TOPICS OF INDUSTRIAL AND MUNICIPAL ECOLOGY

RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝZKUMU A VÝVOJE  
Z OBLASTI PRŮMYSLOVÉ A KOMUNÁLNÍ EKOLOGIE

YEAR 2024

No. 1

Pages 1 – 75

***Thematic issue/Tematické číslo***

***WASTE AND BY-PRODUCTS FROM AND FOR CONSTRUCTION***

***ODPADY A VEDLEJŠÍ PRODUKTY ZE A PRO STAVEBNICTVÍ***



Czech Environmental Management Center 2024

## OBSAH / INDEX

Úvodní slovo šéfredaktora / Editorial	3
Pro autory / For authors	4
<b>The stabilized waste dust as a constituent modifying properties of wood-cement composites</b>	<b>5</b>
Stabilizovaný odpadní prach jako složka modifikující vlastnosti dřevo-cementových kompozitů <i>Tomáš MELICHAR, Silvestr VASAS, Šárka KEPRDOVÁ, Jiří BYDŽOVSKÝ, Pavel SCHMID, Iveta HÁJKOVÁ</i>	
<b>Využitie odpadov pre zvýšenie trvanlivosti cementových kompozitov</b>	<b>18</b>
Waste utilization and durability of cementitious composites <i>Adriana ESTOKOVA, Miriama CAMBAL HOLOSOVA, Martin JAS, Alena SICAKOVA</i>	
<b>Optimizing properties of gypsum mixtures through modifications of construction gypsum board waste</b>	<b>29</b>
Optimalizace vlastností sádrových směsí prostřednictvím úprav stavebního sádrokartonového odpadu <i>Hana SEKAVOVÁ, Zdeněk PROŠEK, Pavel TESÁREK</i>	
<b>Reducing the carbon footprint of temporary site structures</b>	<b>39</b>
Znižovanie uhlíkovej stopy dočasných objektov staveniska <i>Štefan KRIŠTOFIČ, Nad'a ANTOŠOVÁ, Peter MAKÝŠ</i>	
<b>Agricultural production, sustainable food system and food (non)waste</b>	<b>48</b>
Poľnohospodárska výroba, udržateľný potravinový systém a (ne)plytvanie potravinami <i>Jarmila VIDOVÁ</i>	
<b>Udržiteľné školní stravování: aplikace cirkulárních principů v českých školních jídelnách (průzkum 2023)</b>	<b>61</b>
Sustainable school meals: application of circular principles in Czech school canteens (survey 2023) <i>Matěj LUKSCH and Hana DOLEŽALOVÁ</i>	

## Pozvánky a nekomerční prezentace / Invitations and non-commercial presentation

<b>VEDLEJŠÍ PRODUKTY A ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU A ZEMĚDĚLSTVÍ</b>	<b>74</b>
Pozvánka na konferenci ODPADY Z POTRAVINÁŘSTVÍ 12. – 13. 11. 2024 Hustopeče	

WASTE FORUM – recenzovaný časopis pro výsledky výzkumu a vývoje pro průmyslovou a komunální ekologii  
WASTE FORUM – electronic peer-reviewed and open-access journal on all topics of industrial and municipal ecology  
ISSN: 1804-0195; [www.WasteForum.cz](http://www.WasteForum.cz). Vychází čtvrtletně.

Vychází od roku 2008, od roku 2017 je indexován v databázi SCOPUS.

Ročník 2024, číslo 1

Vydavatel: CEMC – České ekologické manažerské centrum, z.s., IČO: 45249741, [www.cemc.cz](http://www.cemc.cz)

Adresa redakce: CEMC, ul. 28. pluku 524/25, 101 00 Praha 10, ČR, fax: (+420) 274 775 869

Šéfredaktor: Ing. Ondřej Procházka, CSc., tel.: (+420) 723 950 237, e-mail: [prochazka@cemc.cz](mailto:prochazka@cemc.cz)

Redakční rada: Ing. Vratislav Bednařík, CSc.; doc. Ing. Vladimír Čablík, Ph.D.; prof. Dr. Ing. Miroslav Černík, CSc.; prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.; prof. Ing. František Hrdlička, CSc.; Ing. Slavomír Hredzák, CSc.; doc. Ing. Emília Hroncová, Ph.D.; prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.; prof. Ing. František Kaštánek, CSc.; prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc.; prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc.; prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.; prof. Norbert Miskolczi; prof. Ing. Lucie Obalová, Ph.D.; Ing. Miroslav Punčochář, CSc., DSc.; Ing. Klára Slezáková, Ph.D.; Ing. Lenka Svecova, Ph.D.; doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.; prof. Ing. Lubomír Šooš, Ph.D.; prof. dr. hab. inž. Barbara Tora, Ing. Hana Urbancová, Ph.D., doc. Ing. Pavla Vrabcová, Ph.D.

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 1. 2024. Vychází: 8. 3. 2024



## Úvodní slovo šéfredaktora

Vážení čtenáři,

*máte před sebou tematické číslo tohoto časopisu, které navazuje na konferenci VEDLEJŠÍ PRODUKTY A ODPADY ZE A PRO STAVEBNICTVÍ, kterou jsme pořádali v rámci TVIP 2023 v říjnu loňského roku. Při přípravě programu konference jsme přislíbili vydání tohoto tematického čísla a tímto svůj slib plníme. Tehdy se zdál být docela velký zájem jak o přednášku na konferenci, tak i o publikování v tematickém čísle. Zatímco o konferenci byl zájem a program byl vcelku bohatý (viz její sborník, kde najdete jak texty k přednáškám, tak k většině i jejich prezentace), tak zájem o publikování v tomto čísle byl slabší.*

*Celkem čtyři příspěvky k tématu doplňují dva příspěvky mimo téma, náhodně oba k tématu potravinových odpadů. To se shodou okolností mi hodí, protože letos v rámci TVIP 2024 připravujeme konferenci na téma VEDLEJŠÍ PRODUKTY A ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU A ZEMĚDĚLSTVÍ (zjednodušeně ODPADY Z POTRAVINÁŘSTVÍ). Více k cíli a zaměření konference najdete na poslední stránce tohoto čísla a detaily pak na stránkách [TVIP 2024](#). K této konferenci chystám rovněž vydat přesně za rok rovněž tematické číslo.*

*V této fázi příprav konference uvítám, pokud se mi ozvou ti, které téma zaujme a chtěl by do programu přispět. Termín pro přihlášky příspěvků je sice až 30. 9., ale uvítám, když s předstihem budu vědět, s čím mohu předběžně počítat a využívat to při dalších jednáních ohledně programu.*

S pozdravem

Ondřej Procházka

## Editorial

Dear readers,

*you have in front of you the thematic issue BY-PRODUCTS AND WASTE FROM AND FOR CONSTRUCTION. But, this issue is not monothematic, we added two papers on a different topic to the 4 papers on the named topic, so that their publication would not be unnecessarily delayed until the next issue. Because publication speed, 10 weeks from editorial deadline, is what we rely on. Of course, while maintaining an genuine double independent anonymous assessment within the framework of peer-review.*

*Finally, I would like to remind you that papers submitted for publication must be the author's own work and may not have been previously published elsewhere or sent to another publisher at the same time. For more, see [Publication Ethics](#) on [www.WasteForum.cz](http://www.WasteForum.cz).*

Regards

Ondřej Procházka

## Pro autory

WASTE FORUM je časopis určený pro publikování původních vědeckých prací souvisejících s průmyslovou a komunální ekologií. Tj. nejen z výzkumu v oblasti odpadů a recyklace, jak by mohl naznačovat název časopisu, ale i odpadních vod, emisí, sanací ekologických zátěží atd. Vychází pouze v elektronické podobě a čísla jsou zveřejňována na volně přístupných internetových stránkách [www.WasteForum.cz](http://www.WasteForum.cz).

Do redakce se příspěvky zasílají v kompletně zalomené podobě se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvaně „**printer-ready**“. Pokyny k obsahovému členění a grafické úpravě příspěvků spolu s přímo použitelnou **šablonou grafické úpravy** ve WORDu jsou uvedeny na [www-stránkách](http://www-stránkách) časopisu v sekci [Pro autory](#). Ve snaze dále rozšiřovat okruh možných recenzentů žádáme autory, aby současně s příspěvkem napsali tři tipy na možné recenzenty, samozřejmě z jiných pracovišť než je autor či spoluautory. Je vždy dobré mít rezervu.

Publikační jazyk je čeština, slovenština a angličtina. Preferována je angličtina a v tom případě je nezbytnou součástí článku na konci název, kontakty a abstrakt v českém či slovenském jazyce, přičemž rozsah souhrnu není shora nijak omezen.

Vydávání časopisu není nikým dotované. Proto, abychom příjmově pokryli náklady spojené s vydáváním časopisu, vybíráme publikační poplatek ve výši 500 Kč za každou stránku (bez DPH). V případě nepublikování příspěvku v důsledku negativního výsledku recenzního řízení je tato částka poloviční.

***Uzávěrka nejbližšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. dubna 2024, další pak 8. července 2024.***

## For authors

WASTE FORUM is an open access electronic peer-reviewed journal that primarily publishes original scientific papers from scientific fields focusing on all forms of solid, liquid and gas waste. Topics include waste prevention, waste management and utilization and waste disposal. Other topics of interest are the ecological remediation of old contaminated sites and topics of industrial and municipal ecology.

**WASTE FORUM publishes papers in English, Czech or Slovak. Papers submitted for publication must be the author's own work and may not have been previously published elsewhere or sent to another publisher at the same time. For more, see [Publication Ethics](#).**

Manuscripts for publication in the journal WASTE FORUM should be sent only in **electronic form** to the e-mail address [prochazka@cemc.cz](mailto:prochazka@cemc.cz). Manuscripts must be fully formatted (i.e. printer-ready) in MS WORD. The file should have a name that begins with the surname of the first author or the surname of the corresponding author.

All articles submitted for publication in WASTE FORUM undergo assessment by two independent reviewers. The reviews are dispatched to authors anonymously, i.e. the names of the reviewers are not disclosed to the authors. **The paper, if it is of good quality and passes the review, is published no later than 10 weeks after the editorial deadline.**

All papers that was not subjected to a peer-review are labeled in a header of each page by the text **Not peer-reviewed and commercial papers**.

Revenue to cover at least the costs associated with the issuance of the magazine, we select a publication fee **500 CZK per each new page of the paper**.

***The deadline of the next issue is on April 8, 2024, more on July 8, 2024.***

# The stabilized waste dust as a constituent modifying properties of wood-cement composites

**Tomáš MELICHAR, Silvestr VASAS, Šárka KEPRDOVÁ, Jiří BYDŽOVSKÝ, Pavel SCHMID, Iveta HÁJKOVÁ**

*Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic*

*e-mail: Tomas.Melichar@vut.cz*

## **Abstract**

*The research presented in this paper deals with the effect of stabilized waste dust (from cement-bonded particleboard processing) on the properties of wood-cement composites. The attention was paid to sorption characteristics and mechanical properties. The goal of the research presented was to study the properties and behaviour of wood-cement composites containing an alternative raw material once stabilised. To evaluate this aspect, composites of modified composition (filler and matrix - based on Portland and mixed cement, substitution with waste dust) were exposed to variable relative humidity ranging from 0 to 96% (increase/decrease in 10% increments). Specimens were always exposed to a given humidity (0, 10, 20, etc.) for a period of time sufficient to stabilize their weight. Absorption and then desorption took place. After the exposure to moisture was completed, the bending strength and modulus of elasticity in bending, tensile strength perpendicular to the plane of the board were tested. In this way, the effect of stabilization of spruce chips in terms of the different matrix composition of the materials was indirectly analyzed in a partial way. Sorption isotherms demonstrate the different behaviour of the materials during varying ambient air humidity. The composition of the wood-cement composites affecting the stabilization of the spruce chips (contained in the composites), among others. In case of the physical and mechanical properties a slight increase was observed.*

**Key words:** *Stabilization; Waste; Dust; Wood; Cement; Material; Substitution; Properties; Sorption; Isotherm; Modification*

## **Introduction**

Wood-cement composites are made up of spruce chips and cement. Commonly these materials (board shape) are used, in the construction industry as flooring systems, facade cladding, roofing, fire protection applications, soffits, lost formwork, railing infills and more. Wood-cement composites are quite popular due to their favourable combination of performance properties (strength, durability, fire resistance, etc.). In construction, these composite materials are generally exposed to moisture. Variable humidity can then have a negative effect on the properties of the wood component of these composites. When moisture content fluctuates, the dimensions and weight of the wood chips change. This leads to pressure being exerted on the surrounding cement matrix and an overall change in the dimensions and weight of the composite. The volumetric changes in the composite material are significant both in terms of the effect on its properties and with regard to its functionality within the structural unit. Wood consists of cellulose, hemicellulose, lignin and possibly other minor components. Some of the wood constituents may to some extent adversely affect the properties of the wood (see Figure 1) and thus the cementitious chipboard composite. It is therefore appropriate to adjust the properties or to stabilise the wood composition. Stabilization, sometimes also mineralization, irreversibly changes the structure and chemical composition of the wood. The primary objective is usually the removal of hemicellulose, followed by a change in the structure of cellulose or depolymerisation of long-chain hydrocarbons and lignin. Hemicellulose is problematic not only in terms of absorption of increased amounts of water, but also because of its negative effect during the maturation of the cement matrix. There are several types of mineralisation, for example: mechanical, chemical, thermal, hydrothermal and biological. The main objective is to improve the resistance to water absorption and to increase the dimensional stability of the

wood. Wood and composite materials containing wood are subject to volumetric (dimensional) and mass changes related to hygroscopicity. The changes in moisture content (mass changes) of selected wood masses, materials and components are illustrated in the following figure (see Figure 2). It can be seen from the curves that spruce can show moisture content (weight) changes of up to 15-20 %, which is not insignificant in terms of, for example, large-scale facade panels.

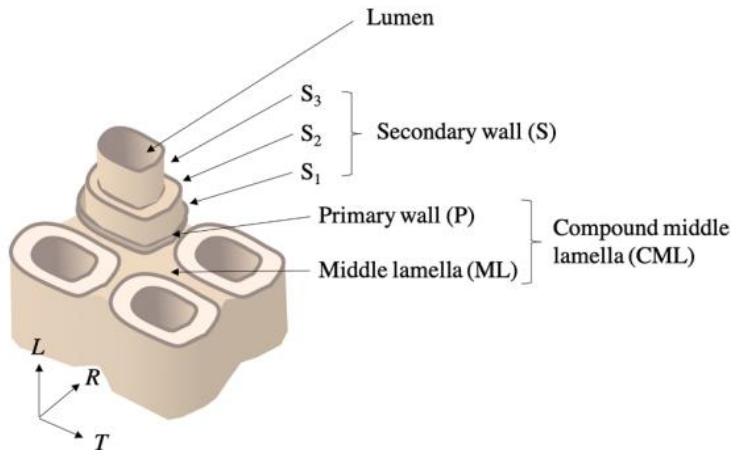


Figure 1: Wood cell structure<sup>1</sup>

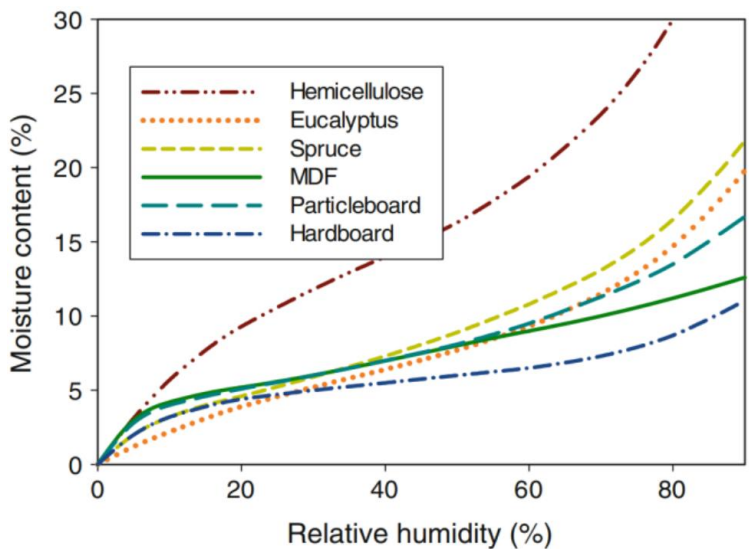


Figure 2: Sorption isotherms of hemicellulose, selected wood species and particleboard<sup>2,3,4,5,6,7,8</sup>

Wood hysteresis is a phenomenon that occurs when moisture content changes. Wood is hygroscopic, which means that it can absorb and release moisture from the surrounding air. When the humidity in the environment changes, wood either gains or loses moisture until it reaches equilibrium. In practice, this results in an irreversible change in the volume and weight of the wood, see Figure 3. In cement-bonded particleboard, this phenomenon can be inferred as the release of residual compressive stresses within the wood structure resulting from the pressing process<sup>9</sup>. One possibility to improve the stabilization of wood mass is to use alternative raw material that contains already stabilized wood mass. From this point of view, the use of the dust generated during the processing of cement-bonded particleboards seems to be very advantageous. This dust is captured in a part of the production line for the formatting of the boards and the sanding of their surface. It is a relatively fine particulate material, which is produced in the order of 7 000 t per year.

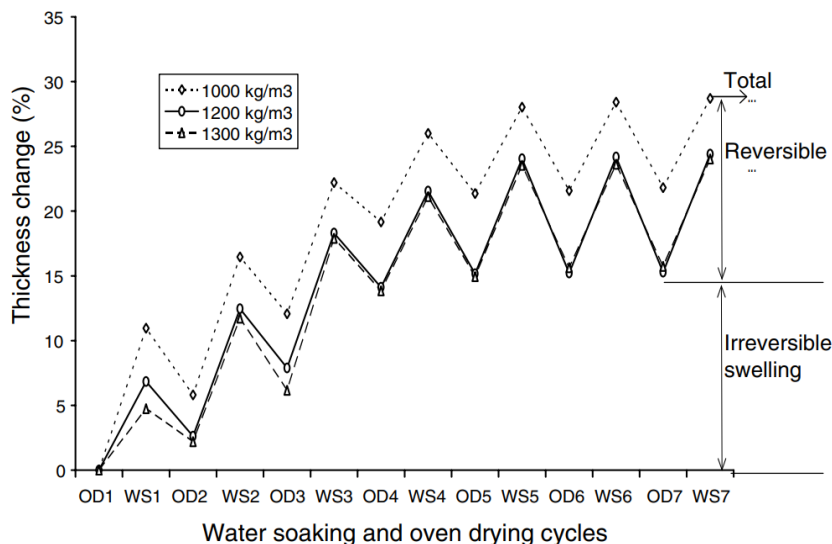


Figure 3: Thickness variation in water soaking and oven drying cycles for cement-bonded boards<sup>10</sup>

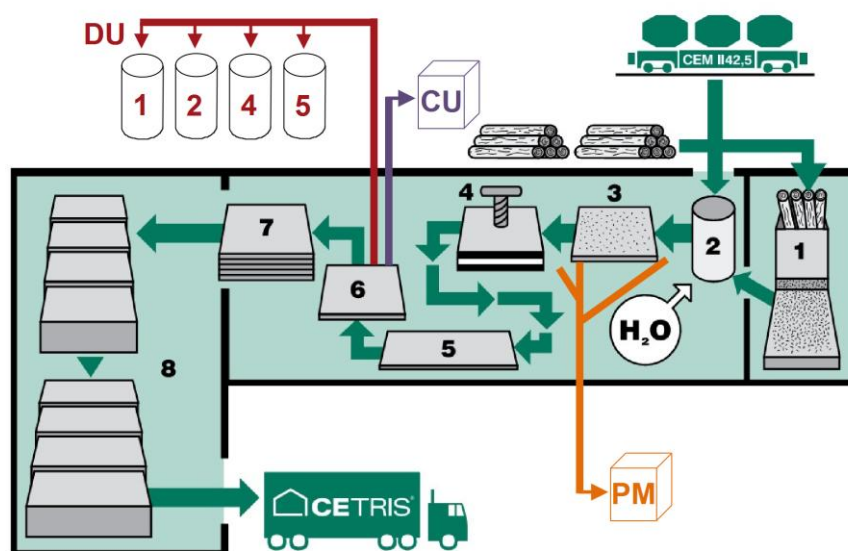


Figure 4: Schematic diagram of the production of cement-bonded particleboards CIDEM Hranice, a. s: 1 - emptying; 2 - mixture preparation; 3 - layering of boards; 4 - pressing; 5 - drying; 6 - formatting; 7 - storage; 8 - transport (red DU 1, 2, 4, 5 - dust collection; purple CU - area for collecting particleboard scraps; orange PM - area for storing particleboard mixture)<sup>11</sup>

The production can be summarised in several points. Treatment of wood logs into chips. Mixing the chips with CEM I 42.5 R Portland cement (or CEM II 42.5 R Portland mixed cement), hydrating additives and water. After mixing, the mixture is dosed onto the lay-up line. The top and bottom layers contain fine chips for a smoother surface, while the core layer contains coarser chips for better mechanical properties. This layered mixture is stamped onto steel plates, which are then transported to the press. The hydraulic press compresses the layered mixture to 1/3 of the spreading thickness. After compaction, the slabs are resealed in a steam chamber for 8 hours at a temperature of 60 °C and a relative humidity of 95 %. The handling strengths are thus achieved. After curing, they are placed in an air-conditioning chamber for 7 days. The boards are then dried to a maximum humidity of 9 % and formatted to the required size, or the surface and edges of the boards are machined (sanded), where the dust mentioned above is generated (see Figure 4 - DU 1-5).

A review of the literature (e.g., <sup>22-28</sup>) did not reveal that researchers have addressed the issue of recovery of dust from cement-bonded particleboard processing in terms of its reuse in the production of these boards with boards hygroscopicity assessment. The knowledge on this topic is studied only briefly by Russian scientists (CPBP waste applied in concrete)<sup>13</sup>. Therefore, the aim of this work was to assess the properties of cement-wood composites modified with waste dust and to investigate the effect of the behaviour under increasing and decreasing air humidity.

## Experimental part

The cement-bonded particleboards for the experiments were manufactured on the industrial production line by CIDEM Hranice, a.s. The reference formulations consisted of 63 % wood in the form of chips, 25 % Portland cement or mixed cement (CEM I 42.5 R and CEM II 42.5 R), 10 % water and 2 % hydrating additives. Furthermore, a formulation was proposed with the addition of dust generated during the processing of the cement-bonded particleboard. For this recipe, Portland mixed cement was substituted at 6 % and spruce chips were substituted at 2 %. The following formulations were proposed for the research:

- Recipe P – standard reference formula based on Portland cement CEM I 42.5 R;
- Recipe B – recipe based on mixed Portland cement CEM II 42.5 R;
- Recipe B/D – formula based on mixed cement (Portland slag) of strength class 42.5 R and dust from the processing of cement particleboards (6% cement replacement and 2% spruce chip replacement).

Publications <sup>14, 15</sup> delve into the properties and composition of dust produced during the processing of cement-bonded particleboard.

The intention of the research presented here was to assess the behaviour of the modified boards under changes in ambient relative humidity. Specifically, it involved the determination of absorption and desorption curves during the increase and decrease of humidity with subsequent comparison of the physical and mechanical properties (before and after exposure to humidity). In this way, the effect on the stabilisation properties in terms of moisture fluctuations was also indirectly verified.

The test procedure for the hygroscopicity verification was inspired by the technical standard EN 318, which defines test bodies with dimensions of  $(300 \pm 2)$  mm  $\times$   $(50 \pm 2)$  mm  $\times$  t. For the purpose of the experiment, the procedure was modified by using test bodies with dimensions better characterising the actual cement-bonded particleboards used in building structures. The cement-bonded particleboard composites were fabricated with dimensions of 350 mm  $\times$  150 mm  $\times$  12 mm. From each recipe, 4 solids were prepared for each parameter studied.

EN 318 specifies the conditions for determining adsorption in the relative humidity range of 65 % to 85 % and desorption in the range of 65 % to 30 %. These limits have been modified to provide a more detailed description and understanding of the behaviour of the boards over a wider range of relative humidity changes. Specifically, testing was carried out at intervals of 10 % relative humidity change, ranging from 0 % (dried bodies) to 90 % and 96 %, respectively. From the values thus determined (dimensions, masses, etc.), sorption isotherms were generated for each parameter monitored. For each change in relative humidity, the properties were determined after the mass of the test pieces had stabilised. The condition of the test body is considered to be steady state if the mass does not vary by more than 0.1 % after 24 hours (2 consecutive determinations).

Measurements of volume changes were made with a mechanical dilatometer using brass targets with conical holes for the placement of the dilatometer tips. The targets were fixed with Sikadur CF31 adhesive at precisely measured locations at a distance of 300 mm for the distance in the length direction and 100 mm for the distance in the width direction of the body. The measurement accuracy was 0.001 mm.

The modulus of elasticity in bending and the bending strength are determined by loading the test body at its centre, supported on two supports. The spacing of the supports is calculated as 20 times the



thickness + 50 mm. It should be emphasized that for the tests of bulk mass, strength and modulus of elasticity, the test bodies according to EN 310, i.e. 290×50 mm, were used. The loading rate was adjusted to give a maximum load within  $60 \pm 30$  s.<sup>16</sup>

The determination of the tensile strength perpendicular to the plane of the board is determined with the load applied to the test body until failure in a direction perpendicular to the plane of the body, coincident with the plane of the board. The tensile strength perpendicular to the plane shall be determined from the maximum force applied to the surface of the test piece. The test piece shall be square in shape with a side length of  $50 \pm 1$  mm. The loading rate shall be adjusted to produce a maximum load within  $60 \pm 30$  s.<sup>17</sup>

The density was determined according to EN 323 as the ratio of the mass of the test body to its volume, both measurements being made at the same moisture content. A sliding scale with an accuracy of 0.01 mm was used for length and width measurements. Thickness measurements were made using a micrometer with an accuracy of 0,001 mm. The weight was measured with an accuracy of 0.01 g.<sup>17</sup>

Microstructure was analysed by an optical and scanning electron microscope, i.e. Keyence VHX-950F and scanning electron microscope TESCAN MIRA3 XMU with resolution 1.2 to 1.5 nm at 30 kV in SE mode and 2 nm at 30 kV in BSE mode.

## Results and discussion

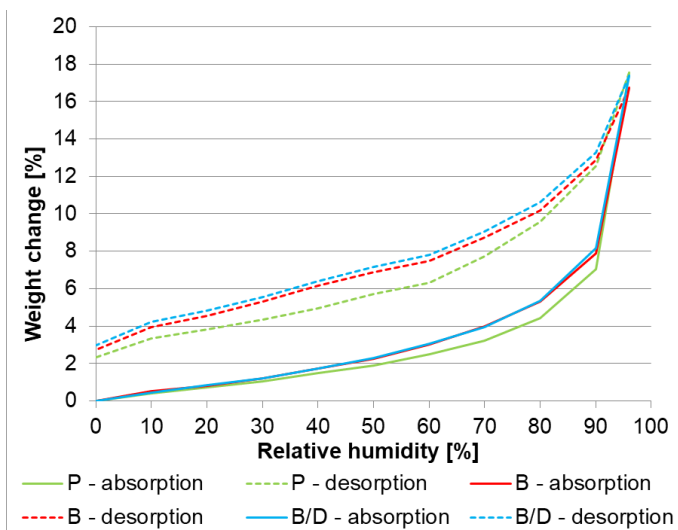
Changes in relative humidity resulted in absorption and desorption, with the most significant changes in the mass parameter, i.e. up to approximately 18%. The results indicate that the effect of composition is not negligible in terms of hygroscopicity. The P slabs, i.e. the reference slabs based on Portland cement, are the best evaluated. On the other hand, the most significant change in weight due to varying relative humidity was observed for slabs containing dust particles from the processing of cement-bonded particleboards (B/D). The graph (see Fig. 5) also shows that the highest weight increase occurred at relative humidity of 80 % or more. The trends of the sorption curves are similar, but differences can be noticed, which is characterized by hysteresis, where a certain amount of water is bound from the air moisture into the structure of the cement-bonded particleboards (ranging from 2.3 % to 3.1 %), and even on drying this moisture is not degraded. The standard deviation ranged from 0.002 to 0.229 % for boards P, 0.009 to 0.360 % for boards B and 0.012 to 0.525 % for boards B/D.

Another parameter monitored and evaluated was the dimensional changes in the longitudinal direction of the boards on the sections defined by brass targets spaced 300 mm apart, both on the reverse and face faces. In the following graph (see Fig. 6) only the average values for each set are shown. The P boards, i.e. 0.30 %, are the best to evaluate with the maximum change in the linear direction. On the other hand, the B/D boards, i.e. 0.33 %, were the most subject to changes in relative humidity. The sorption curves are relatively smooth, except for the increase from 90 % to 96 %. Here, a steeper expansion in the longitudinal direction is noticeable for all formulations. The standard deviation ranged from 0.003 – 0.013 % for P boards, 0.005 – 0.025 % for B boards and 0.004 – 0.032 % for B/D boards.

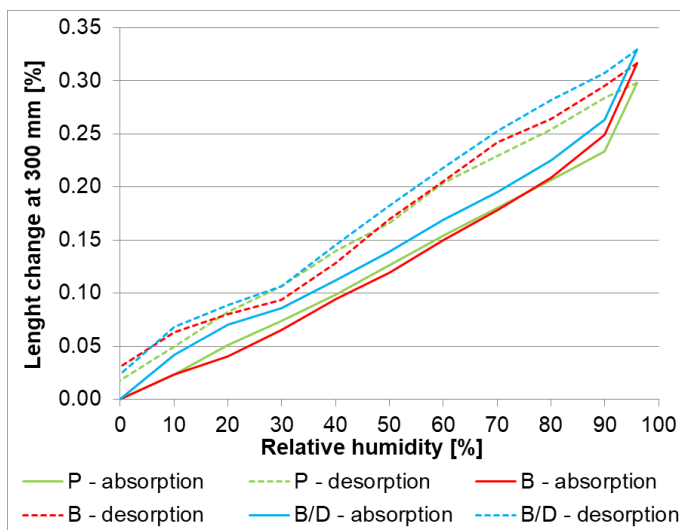
Dimensional changes in the transverse direction of the boards on the sections defined by brass targets spaced 100 mm apart on both the reverse and face surfaces were also considered. In the following graph (see Fig. 7) only the average values for each set are shown. The trends of the curves evaluated demonstrate the similarity of the linear changes of the tested boards in the transverse direction. The Po boards, i.e. 0.29 %, are the best with the maximum change in the transverse direction. On the other hand, the B/D boards showed the highest change in relative humidity, i.e. 0.35 %. The standard deviation ranged from 0.001 – 0.007 % for P boards, 0.003 – 0.010 % for B boards and 0.005 – 0.013 % for B/D boards.

The dimensional changes in the thickness direction are the highest (see Fig. 8). In terms of dimensional changes and their relative differences, the orientation of the spruce chips in the cement-bonded particleboards is important. This is described quite clearly in<sup>20</sup>. The authors present images which show the orientation of the radial and tangential direction of the chips to be predominantly

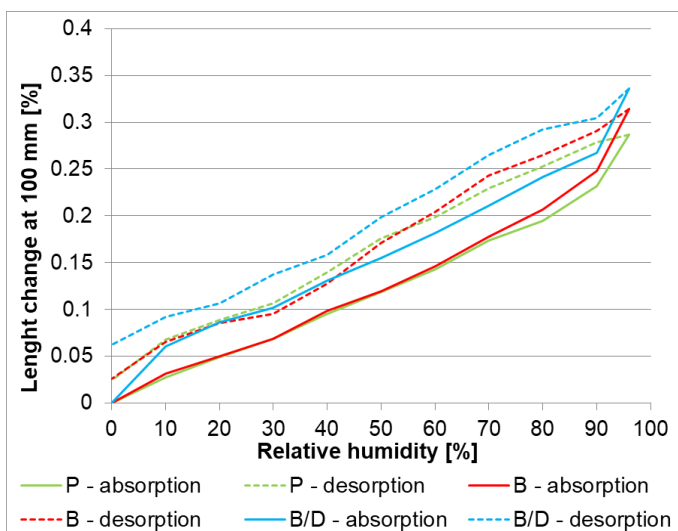
perpendicular to the plane of the board, which may justify the greatest dimensional changes in the thickness direction. Significant dimensional or volumetric changes of wood in the radial and tangential direction were investigated and found by the authors in <sup>12, 20</sup>. The standard deviation ranged for P boards 0.002 – 0.006 %, B boards 0.003 – 0.007 % and B/D boards 0.002 – 0.009 %.



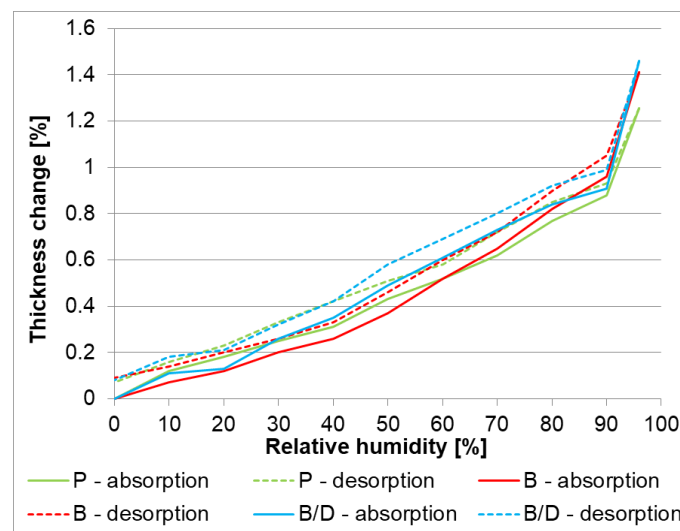
**Figure 5: Absorption, desorption curves and hysteresis - mass change**



**Figure 6: Absorption, desorption curves and hysteresis - changes determined by the dilatometer in the length direction**

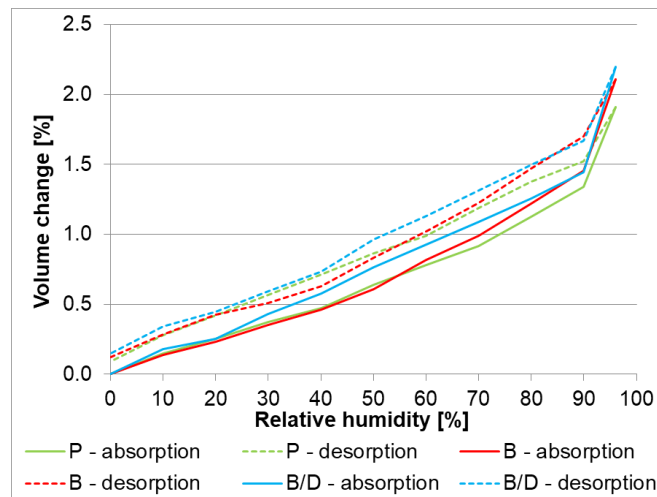


**Figure 7: Absorption, desorption curves and hysteresis - changes determined by the dilatometer in the width direction**



**Figure 8: Absorption, desorption curves and hysteresis - changes determined with a micrometer in the thickness direction**

For all tested formulations, the greatest change occurs between 90 % and 96 % relative humidity, with the maximum thickness change determined to be 1.5% (formulation B/D). Again, the reference slab P is the best, i.e. a change of 1.3 %. However, it can be seen that the differences are not so noticeable compared to the other dimensional changes. The hysteresis effect was approximately twice as pronounced for the thickness compared to the other dimensional changes evaluated.



**Figure 9: Absorption, desorption curves and hysteresis - volume changes**

The sorption isotherms characterising the volume changes (see Fig. 9) reach a maximum when the boards are exposed to a relative humidity of 96 %. The maximum expansion changes range from 1.9 % to 2.3 %, with hysteresis not exceeding 0.18 %. It is clear from the curves that the reference boards, i.e. P, are the most resistant to changes in relative humidity. The most significant volume changes can be observed for the formulation using B/D dust. The replacement of cement by dust particles has the most significant negative effect on the behaviour of the slabs under variable moisture conditions. The standard deviation ranged from 0.002 – 0.020 % for P boards, 0.005 – 0.032 % for B boards and 0.007 – 0.037 % for B/D boards.

The results indicate that the composition of cement-bonded particleboards can significantly affect their hygroscopicity, which is related to the behaviour of the boards and changes in their properties, especially volume changes under varying ambient relative humidity. The most resistant to volume and weight changes is the standard Portland cement-based particleboard (formulation P). Conversely, boards containing cement-based particleboard dust particles as substitutes for the primary components of the mix are the most subject to changes. The most significant changes were observed in the case of weight (compared to the changes in individual dimensions and volume). Wood hysteresis was observed for all formulations - P, B and B/D and was around 0.09, 0.12 and 0.15 % volume change and weight change was around 2.3, 2.7 and 3 % for individual formulations. The composition of the mixture for the production of cement-bonded particleboards has an influence on, among other things, the stabilisation of the spruce chips, which was evident when testing the hygroscopicity of the boards.

Exposure of the board to moisture resulted in an increase in parameters. (Fig. 10 – Fig. 12) The additional supply of water helped the cement matrix in continued hydration, which had a positive effect on the strengthening of the matrix structure and hence the development of the properties of the cement-bonded particleboard. Furthermore, during the saturation of the spruce chips with water, the expansion of the chips and, to some extent, the release of residual stresses introduced during the manufacture of the slabs<sup>9</sup>, which may have contributed to the densification and strengthening of the slab structure. Importantly, the strength limit of the residual stress release was not exceeded. In such a case, there would be a decrease in the parameters that would be most evident in the flakiness, which characterizes the tensile strength perpendicular to the plane of the boards.

The standard deviation was affected by the different type of matrix. The standard deviation for flexural strength was in the range of 0.52 – 0.74 N/mm<sup>2</sup> (0.46 – 0.55 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) for the P boards, 0.65 – 0.82 N/mm<sup>2</sup> (0.51 – 0.62 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) for the B boards and 0.86 – 1.02 N/mm<sup>2</sup> (0.76 – 0.93 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) for the B/D boards. For the flexural modulus, the standard deviation for boards P was in the range 460 – 680 N/mm<sup>2</sup> (420 – 650 N/mm<sup>2</sup> – after exposure), for boards B 520 – 780 (500 – 710 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) and for boards B/D 750 - 920 N/mm<sup>2</sup> (660 - 820 N/mm<sup>2</sup> – after exposure). The friability values were in the range of 0.05 – 0.08 N/mm<sup>2</sup> (0.05 – 0.07 N/mm<sup>2</sup> – after

exposure) for boards P, 0.04 – 0.09 N/mm<sup>2</sup> (0.04 – 0.08 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) for boards B and 0.08 – 0.12 N/mm<sup>2</sup> (0.07 – 0.11 N/mm<sup>2</sup> – after exposure) for boards B/D.

No dependence of the change in parameters due to air humidity on the composition of the boards was observed, with parameter increases in the order of one percent. The parameters were subject to changes due to the type and amount of modifying components, matrix and chips. Although the B/D formulation showed the worst performance, the variation in properties was not significant compared to the reference formulation.

The bending strength requirement of EN 634-2<sup>21</sup> was met for all types and environments of installation, i.e. all test bodies exhibited a bending strength  $\geq 9$  N/mm<sup>2</sup>. Similarly, the bending modulus requirement was met, specifically for class 1, where the boards exhibited values  $\geq 4500$  N/mm<sup>2</sup>. For the tensile strength perpendicular to the plane of the slab, EN 634-2 specifies a requirement for values  $\geq 0.5$  N/mm<sup>2</sup>, which was also met. The tested slabs exhibited significantly high tensile strength values, as the minimum requirement of EN 634-2 was exceeded by approximately 100 %.

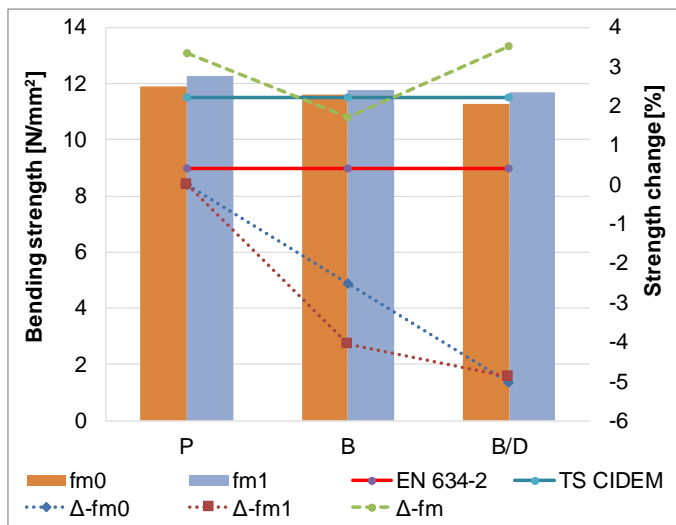


Figure 10: Bending strength

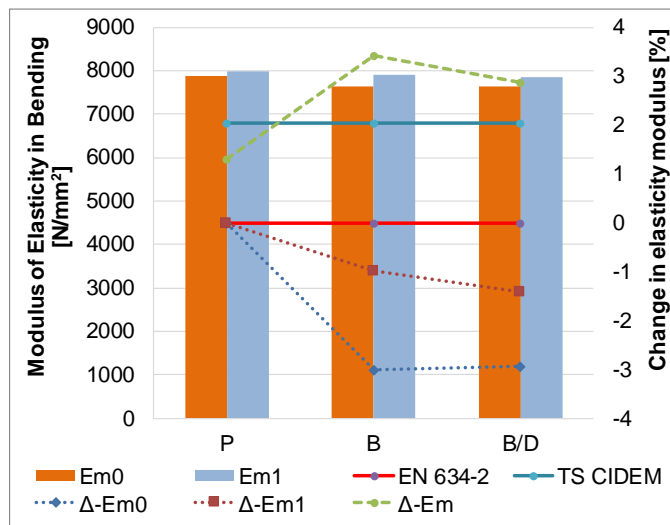


Figure 11: Modulus of elasticity in bending

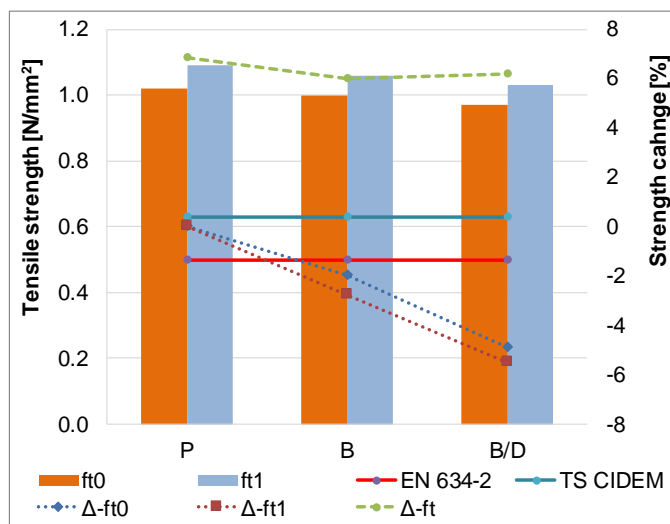
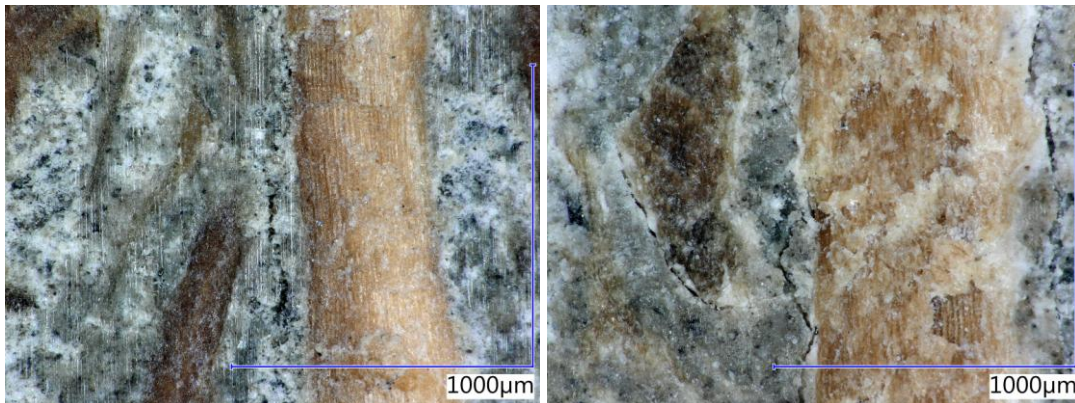


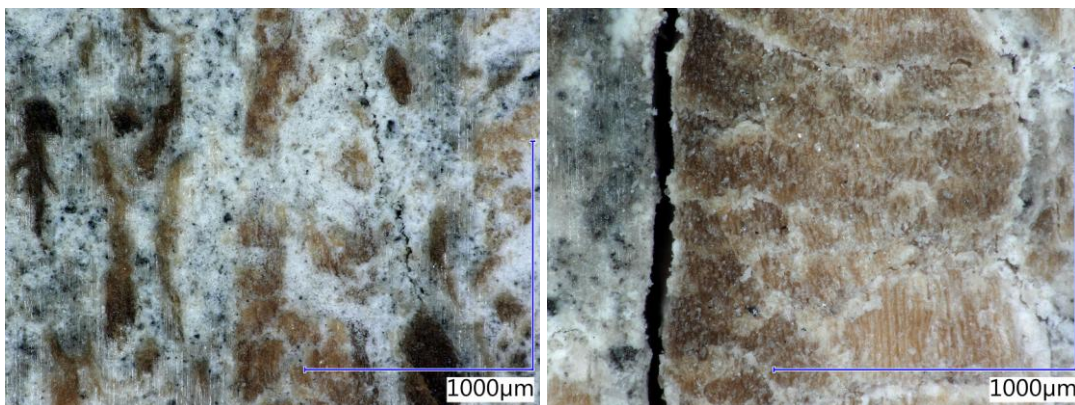
Figure 12: Tensile strength perpendicular to the plane of the boards

Analysis of the structure by optical microscopy confirms that the structure of wood-cement composites is compact, even in the case of modified materials (see Fig. 13 and Fig. 14). Based on the evaluation of the images, it is evident that small micro-cracks are already visible in the structure of the materials from the manufacturing process. However, in the context of the strength characteristics, it is evident that these

minor disturbances have no effect on the final properties. It is also significant that these small insignificant disturbances have been identified in the structure of both the reference and modified materials. It is also clear from the progression of the identified cracks that these disturbances occur randomly in the matrix and also in the interfacial transit zone of the cement matrix and spruce chips (after referred to as ITZ). Leachates or crystallized salts (most likely mainly based on calcium ions) were observed on the surface of the masses saturated with air humidity and subsequently dried. Detailed analysis of these leachates will be the subject of following-up research. Even though the hysteresis phenomenon was observed (for all dimensions), the wood-cement masses contained microcracks after drying and subsequent tempering.



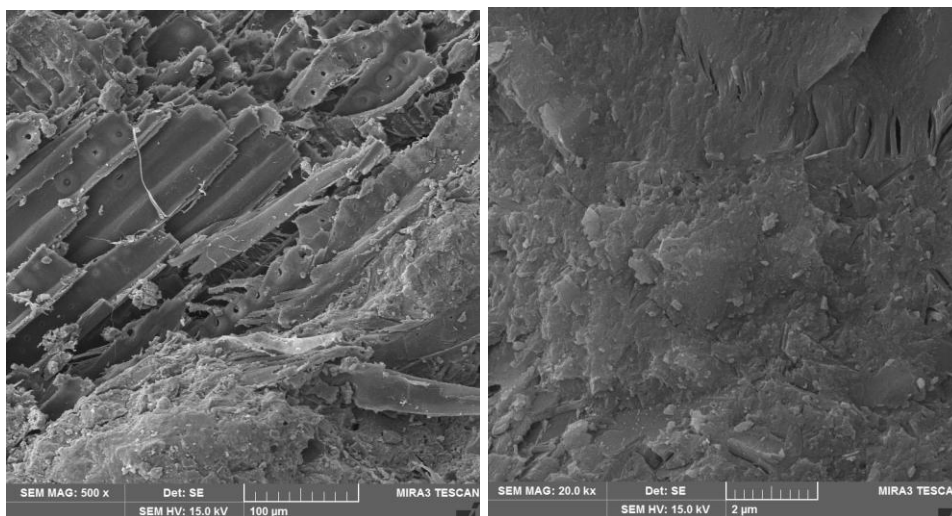
**Figure 13: Microstructure of reference material P - before (left) and after (right) exposure in an environment of variable relative humidity**



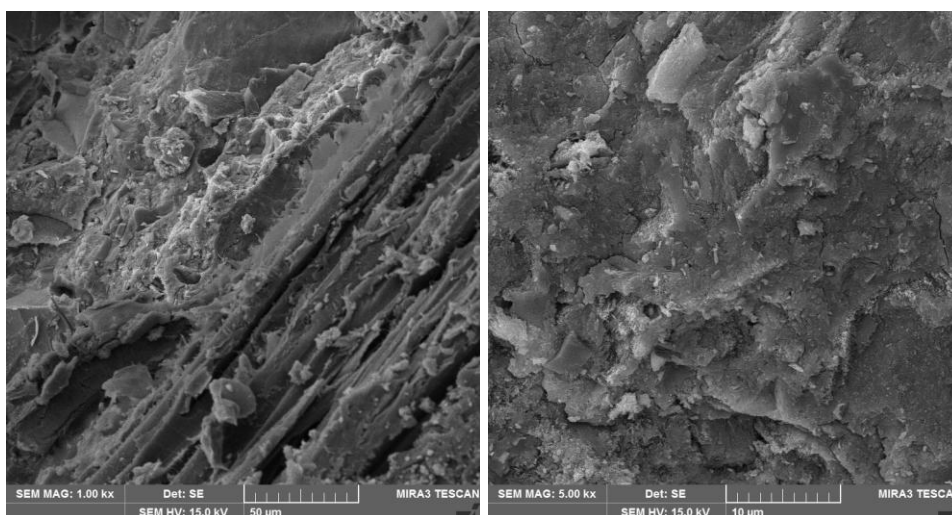
**Figure 14: Microstructure of the modified B/D material - before (left) and after (right) exposure in an environment of variable relative humidity**

The following images show the microstructure of selected types of wood-cement materials tested (see Fig. 15 and Fig. 16). In the microstructure analysis, attention was focused on the compactness of the cement matrix, even around the spruce chips. The interlocking of the cellular structure of the chips with the cement matrix and the penetration of hydration products into the spruce chips were also evaluated, as well as the evolution of the structure due to exposure to increasing relative humidity. The microstructure assessment showed that the tested wood-cement composites are characterised by a compact structure. The cement matrix interacts very well with the spruce chips. It is important that the exposure of the boards to elevated humidity results in additional hydration of the cement. The dust is compatible with its origin and interacts very well in the structure of the analysed masses. In the figure below (see Fig. 16), a detail of the compact structure can be seen when dust particles are used as an alternative binder and filler component. The structure of the B/D boards also appears to be dense and compact. This structure appears denser due to the effect of moisture, as confirmed by microscopic

images. The dust particles (from the processing of the cement-bonded particleboards) are compatible with the cement matrix or the raw material mix for the production of wood-cementitious materials. This is confirmed, among other things, by the fact that the ITZ of the cement matrix and the waste dust cannot be clearly identified.



**Figure 15: Microstructure of boards B before (left) and after (right) exposure to variable ambient relative humidity**



**Figure 16: B/D boards microstructure before (left) and after (right) exposure to variable ambient relative humidity**

## Conclusion

It can be concluded that the composition of wood-cement composites influences their properties and behaviour. Changes in hygroscopic behaviour and physical properties are influenced to a significant extent by the use of a stabilised alternative raw material (waste dust from cement-bonded particleboard processing). Similarly, the composition of the cement-bonded particleboard matrix also has an influence on the stabilisation of the spruce chips contained, among other things. The course of the sorption isotherms showed a different behaviour of the analysed masses during the gradual increase and decrease of the ambient air humidity. The boards were always exposed to a given level of moisture for a period of time sufficient to allow their mass to stabilise. The results determined and the observations made confirm the following:

- The best resistance to volume and weight changes is provided by the commonly manufactured Portland cement-based particleboard (formulation P).
- Slabs containing dust particles as a substitute for the primary binder and partially for the filler of the mix are the most susceptible to changes.
- The most significant changes were observed in the case of weight (compared to changes in individual dimensions and volume).
- The differences between the different formulations are not significant, which roughly corresponds to the compatibility and the amount of raw materials in the mixture for the production of cement-bonded particleboards.
- The hysteresis value in the case of volume change is slightly lower compared to the results presented by other authors. It should be noted, however, that these were slabs with a higher content of alternative ingredients and often with lower quality ingredients.
- The composition of the mixture for the production of cement-bonded particleboards has an influence on the stabilization of spruce chips, which was evident in the hygroscopicity testing of the boards.

For further research, it appears that the optimisation of the dust dosage would be a good option, whereby a higher amount of this alternative ingredient (as a substitute for cement or Portland clinker) could be dosed into the mix for the production of cement particleboard. One way of achieving this is by mechanical or mechanochemical modification of the dust composition. Such modification of the dust could activate it in terms of its participation in the hydration reactions of the cement binder. In the event of such an intervention in the composition of the cement-bonded particleboard, it is also possible that the behaviour of the particleboards with regard to their hygroscopicity would be different, which would also need to be verified. The study of the influence of dust particles in terms of hygroscopicity in cement-bonded particleboards in the long term is also very interesting and relevant.

## Acknowledgment

Research presented in the article was funded by the Czech Science Foundation (GA ČR), project 22-06991S “Stabilisation of Spruce Wood Properties and Structure with Regard to Durability of Wood-Cement Composites”.

## References

1. Jenny CARLSSON, Per Isaksson. Simulating fracture in a wood microstructure using a high resolution dynamic phase field model. *Engineering Fracture Mechanics* 232 (2020) 107030
2. PELAEZ-SAMANIEGO, M.R., YADAMA, V., LOWELL, E. et al. A review of wood thermal pretreatments to improve wood composite properties. *Wood Sci Technol* 47, 1285 – 1319 (2013). Available at: <https://doi.org/10.1007/s00226-013-0574-3>
3. CHRISTENSEN GN, Kelsey KE (1959) Die Sorption von Wasserdampf durch die chemischen Bestandteile des Holzes. *Holz Roh Werkst* 17:189 – 203. Available at: <https://www.proholz.at/zuschnitt/22/wechselwirksam-holz-und-feuchtigkeit>
4. SKAAR C (1984) Wood-water relationships. In: Rowell R (ed) *The chemistry of solid wood*. *Advances in Chemistry Series*, American Chemical Society, Washington, DC, pp 127 – 172. Available at: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19860612936>
5. NIEMZ P (2010) Water absorption of wood and wood-based panels—significant influencing factors. In: Thoemen H et al (eds) *Wood-based panels. An introduction for specialists*. Brunel University Press, London. Available at: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/27899>
6. SKAAR C (1972) *Water in wood*, 1st edn. Syracuse University Press, NY.

7. SUCHSLAND O (2004) The swelling and shrinking of wood. A practical technology primer. Forest Products Society, Madison, WI
8. ECKELMAN CA (1998) The shrinking and swelling of wood and its effect on furniture. Forest Natural Resources 163:1 – 26. Available at: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fnr/fnr-163.pdf>
9. Eleni Makarona, Chara Koutzagioti, Constantinos Salmas, George Ntalos, Maria-Christina Skoulikidou, Christos Tsamis, Enhancing wood resistance to humidity with nanostructured ZnO coating, Nano-Structures & Nano-Objects 10 (2017) str. 57 – 68.
10. Joseph Adeola Fuwape, James Sunday Fabiyi, Edward Olusola Osuntuyi, Technical assessment of three layered cement-bonded boards produced from wastepaper and sawdust, Waste Management, Volume 27, Issue 11, 2007, Pages 1611 – 1616, ISSN 0956-053X, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.09.005>.
11. Cetris. [online]. [cit. 2023-02-25]. Available at: [http://www.cetris.cz/pagedata\\_cz/download/511\\_ppp\\_kap-02.pdf](http://www.cetris.cz/pagedata_cz/download/511_ppp_kap-02.pdf)
12. ZONGYING Fu, YONGDONG Zhou, XIN Gao, HONGHAI Liu, FAN Zhou, Changes of water related properties in radiata pine wood due to heat treatment, Construction and Building Materials, Volume 227, 2019, 116692, ISSN 0950-0618, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116692>.
13. Ezerskiy V., Kuznetsova N. V., Seleznev A. D., Evaluation of the use of the CBPB production waste products for cement composites, Construction and Building Materials, Volume 190 (2018) 1117 – 1123.
14. Melichar, T.; Venhodová, E.; Bydžovský, J. Analyzing of alternative raw materials for production of cement-bonded particle boards. Advanced Materials Research 2014, Volume 923, pp. 108 – 111.
15. Melichar, T.; Bydžovský, J. Influence of dust waste containing a silicate matrix and organic filler on properties of cement composites [Vliv prachového odpadu s obsahem silikátové matrice a organické hobliny na vlastnosti cementových kompozitů]. Waste Forum 2019, Volume 4, pp. 378 – 390.
16. ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu, ČNI, 1995.
17. ČSN EN 319 Třískové a vláknité desky. Stanovení pevnosti v tahu kolmo na rovinu desky, ČNI 1994.
18. ČSN EN 323 Desky z dřeva. Zjišťování hustoty, ČNI, 1993
19. MELICHAR, T.; LÉDL, M.; BYDŽOVSKÝ, J.; DUFKA, A. Effect of use of non-traditional raw materials on properties and microstructure of cement-bonded particleboards. Waste forum, 2020, vol. 2020, no. 4, p. 254 – 262. ISSN: 1804-0195
20. Melichar, T., Meszarosova, L., Bydžovský, J. et al. The effect of moisture on the properties of cement-bonded particleboards made with non-traditional raw materials. J Wood Sci 67, 75 (2021). <https://doi.org/10.1186/s10086-021-02008-z>
21. ČSN EN 634-2 Cementotřískové desky – Specifikace – Část 2: Požadavky pro třískové desky spojené portlandským cementem pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí, ČNI, 2007.
22. Wang L., Chen S. S., Tsang D. C. W., Poon Ch. S., Shih K. Value-added recycling of construction waste wood into noise and thermal insulating cement-bonded particleboards, Construction and Building Materials, Volume 125 (2016) 316 – 325.
23. Ashori A., Tabarsa T., Sepahvand S.: Cement-bonded composite boards made from poplar strands, Construction and Building Materials, Volume 26, Issue 1 (2012) 131 – 134.
24. Cabral M. R., Nakanishi E. Y., Mármol G., Palacios J., Godbout S., Lagacé R., Savastano H., Fiorelli J.: Potential of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) stalks to produce cement-bonded particleboards, Industrial Crops and Products, Volume 122 (2018) 214 – 222.
25. Cavdar A. D., Yel H., Boran S., Pesman E. Cement type composite panels manufactured using paper mill sludge as filler, Construction and Building Materials, Volume 142 (2017) 410 – 416.
26. He P., Hossain M. U., Poon Ch. S., Tsang D. C. W. Mechanical, durability and environmental aspects of magnesium oxychloride cement boards incorporating waste wood, Journal of Cleaner Production, Volume 207 (2019) 391 – 399.



27. Caprai V., Gauvin F., Schollbach K., Brouwers H.J.H. Influence of the spruce strands hygroscopic behaviour on the performances of wood-cement composites, *Construction and Building Materials*, Volume 166 (2018) 522 – 530.
28. Wang B. Z., Wang H., Nanjing X. L. Wood-cement compatibility revie. China. Forestry University College of Materials Science and Engineering (2014).

## **Stabilizovaný odpadní prach jako složka modifikující vlastnosti dřevocementových kompozitů**

**Tomáš MELICHAR, Silvestr VASAS, Šárka KEPRDOVÁ, Jiří BYDŽOVSKÝ, Pavel SCHMID, Iveta HÁJKOVÁ**

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno-střed*

### **Souhrn**

Výzkum prezentovaný v článku se zabývá vlivem stabilizovaného odpadního prachu (z opracování cementotřískových desek) na vlastnosti dřevocementových kompozitů. Pozornost byla zaměřena na sorpční charakteristiky a mechanické vlastnosti. Cílem prezentovaného výzkumu bylo studium vlastností a chování dřevocementových kompozitů obsahujících již jednou stabilizovanou alternativní surovinu. Pro hodnocení tohoto aspektu byly kompozity modifikovaného složení (plnivo i matrice – na bázi portlandského a směsného cementu, substituce odpadním prachem) vystaveny proměnlivé relativní vlhkosti vzduchu v rozmezí 0 až 96 % (zvyšování/pokles po 10 %). Dané vlhkosti (0, 10, 20, atd.) byla vždy zkušební tělesa vystavena po takovou dobu, aby došlo k ustálení jejich hmotnosti. Nejprve probíhala absorpce a následně desorpce. Po ukončení expozice (proměnlivé vlhkosti) byla testována pevnost a modul pružnosti v ohybu, pevnost v tahu kolmo na rovinu desky. Tímto způsobem byl parciálně nepřímo analyzován vliv stabilizace smrkových třísek z hlediska rozdílného složení matrice kompozitů. Sorpční izotermy prokazují rozdílné chování materiálů během proměnlivé okolní vzdušené vlhkosti. Složení směsi dřevocementových kompozitů ovlivňuje mimo jiné i stabilizaci smrkových třísek (v nich obsažených). V rámci fyzikálních a mechanických vlastností byl zaznamenán mírný nárůst.

**Klíčová slova:** Stabilizace; Odpad; Prach; Dřevo; Cement; Materiál; Substituce; Vlastnosti; Sorpce; Izoterma; Modifikace

# Využitie odpadov pre zvýšenie trvanlivosti cementových kompozitov

**Adriana EŠTOKOVÁ, Miriama ČAMBÁL HOLOŠOVÁ, Martin JAŠ, Alena SIČÁKOVÁ**

*Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Inštitút pre udržateľné a cirkulárne stavebníctvo, Oddelenie materiálového inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovensko*  
e-mail: [adriana.estokova@tuke.sk](mailto:adriana.estokova@tuke.sk)

## Souhrn

Prezentovaný výskum sa zameriava na použitie špecifických odpadových materiálov ako náhrady cementu v cementových kompozitoch. Primárnym cieľom je zistiť, či použitie netradičných odpadov môže viesť k pozitívnym zmenám v fyzikálno-mechanických a trvanlivostných parametroch cementových kompozitov. Cementové malty s 20% náhradou cementu rôznymi odpadmi boli porovnávané s referenčnými kompozitami bez náhrady cementu. Pri analýze sa študovali zmeny vybraných fyzikálno-mechanických parametrov vrátane pevnosti v tlaku a ťahu pri ohybe, objemovej hmotnosti, nasiakavosti a konzistencie čerstvej zmesi. Osobitný dôraz sa kládol na trvanlivosť kompozitov, pričom jedným z parametrov bola penetrácia agresívnych iónov. Výsledky experimentov ukázali, že kompozity s náhradou cementu vaječnými škrupinkami vykazovali uspokojivé výsledky vo väzbe na skúmané technické a trvanlivostné parametre. Kompozity obsahujúce vysokopecnú trosku vykazovali dobrú odolnosť voči prenikaniu agresívnych iónov podľa očakávania.

**Kľúčová slova:** vysokopecná troska, sklo, vaječné škrupinky, cementový kompozit, náhrada cementu.

## Úvod

Betón ako cementový kompozit je jedným z najbežnejších stavebných materiálov, ktorý sa používa na výstavbu budov, ciest, mostov a ďalšej infraštruktúry<sup>1</sup>. Jeho výroba je však spojená s významným negatívnym vplyvom na životné prostredie a vyčerpávanie prírodných zdrojov<sup>2</sup>. V súčasnej dobe je čoraz viac snáh o udržateľnosť a zníženie uhlíkovej stopy pri výrobe betónu. Jedným z prístupov k dosiahnutiu týchto cieľov je využitie odpadov v procese výroby betónu. Tradičné suroviny pre výrobu betónu zahŕňajú cement, piesok, štrk a vodu. Cement je však zodpovedný za výraznú časť emisií skleníkových plynov počas svojej výroby, a piesok je vzácny prírodný zdroj, ktorý je často neudržateľne ťažený<sup>3</sup>. Preto je dôležité preskúmať alternatívy, ktoré by minimalizovali negatívny vplyv výroby betónu na životné prostredie.

Jedným z prístupov k zníženiu environmentálnych vplyvov je využitie recyklovaných materiálov. Recyklácia stavebného demoličného odpadu môže byť efektívnym spôsobom zníženia množstva odpadu a zároveň zníženia potreby ťažby nových surovín<sup>4</sup>. Odpady z betónu, ktoré sú spracované a znovupoužitie v nových betónových zmesiach, nazývame recyklovaný betón. Recyklovaný betón môže byť použitý ako náhrada za časť prírodných surovín, najčastejšie frakcie prírodného kameniva. Týmto spôsobom sa nielen minimalizuje množstvo stavebného odpadu, ale aj znižuje potreba nového ťaženia surovín. Navyše, recyklovaný betón môže dosahovať podobné alebo dokonca lepšie vlastnosti ako tradičný betón, pokiaľ ide o pevnosť a odolnosť<sup>5</sup>.

Okrem využívania recyklovaného betónu existujú aj iné inovatívne prístupy k udržateľnej výrobe betónu<sup>6</sup>. Jedným z nich je vývoj nových typov cementu s nižším obsahom slinku, ktorý je hlavnou príčinou emisií skleníkových plynov pri výrobe cementu<sup>7</sup>. Cementový priemysel je známy svojimi vysokými emisiami skleníkových plynov a vysokou spotrebou energie, preto hľadanie udržateľnejších alternatív stáva prioritou. Ďalšie inovácie zahŕňajú výskum alternatívnych spojív a aditív, ktoré by mohli nahrádzať časť cementu bez straty pevnosti a trvanlivosti betónu<sup>8</sup>. Náhradou cementu sa nielenže

znižuje množstvo priemyselného odpadu končiaceho na skládkach, ale znižuje sa aj uhlíková stopa cementových kompozitov<sup>9</sup>. Okrem toho existujú poznatky o zlepšení vybraných vlastností, napr. trvanlivosti cementových kompozitov na báze rôznych odpadov v agresívnom prostredí<sup>10</sup>. Cement možno nahradiť druhotnými surovinami z výroby v prípade, ak tieto vykazujú puzolánové alebo latentné hydraulické vlastnosti. Medzi tradičné priemyselné odpady, ktoré sa využívajú ako náhrady pre výrobu cementových kompozitov patria: popolčeky, vysokopecná troska, mikrosilika<sup>11</sup>.

Výskumy potvrdili, že optimálne množstvá takýchto náhrad majú za výsledok porovnateľné alebo aj lepšie technické vlastnosti výsledných kompozitov, čo sa týka napr. ich trvanlivosti. Je dobre zdokumentované, že materiály na báze cementu s prídavkom puzolánov majú zvýšenú odolnosť voči pôsobeniu kyselín a síranov v porovnaní s materiálmi vyrobenými len z bežného portlandského cementu<sup>12,13</sup>. Thomas a kol. vo svojich výskumoch opakovane potvrdil, že využitie týchto uvedených puzolánových materiálov je mimoriadne výhodné pre zvýšenie trvanlivosti betónu<sup>14,15</sup>. Sasanipour a kol.<sup>16</sup> vo svojej štúdii dospel k záveru, že puzolánové materiály na báze odpadov zohrávajú dôležitú úlohu v rámci zlepšenia trvanlivosti, pretože znižujú nasiakavosť a výrazne zvyšujú elektrický odpor a odolnosť proti prenikaniu chloridových iónov. Shahmansouri a kol.<sup>17</sup> skúmal geopolymérny betón obsahujúci mikrosiliku a prírodný zeolit, pričom zistili negatívny vplyv prísad na spracovateľnosť, ale priaznivý vplyv na pevnosť v tlaku (mikrosilika) a dlhodobú pevnosť v tlaku (prírodný zeolit). Ahmad a kol.<sup>18</sup> skúmal rôzne pomery náhrady cementu mikrosilikou na pevnosť v tlaku, pričom pri zohľadnení technického a ekonomického hľadiska za optimálny podiel náhrady uvádza 15 %. Výsledky experimentov ukázali, že nahradenie cementu popolčekom s podielom 20 % a vysokopecnou troskou (40 %) výrazne znižuje vznik mikrotrhlín, čo poukazuje na ich potenciál na zvýšenie trvanlivosti betónu pri vystavení vysokým teplotám<sup>19</sup>.

Okrem tradičných odpadových materiálov, ktorými sa nahrádza cement sa venuje čoraz väčšia pozornosť aj rôznym typom menej tradičných náhrad alebo takým, ktoré sú často viazané na určitý región, napr. sklenenému recyklátu, popolčekom z bioodpadov, ryžových šupiek a pod.<sup>20,21</sup>. Je však dôležité zdôrazniť, že využívanie netradičných odpadov v betóne si vyžaduje dôkladné skúmanie ich vlastností a dopadov na celkovú kvalitu betónu. Rovnako je dôležité zabezpečiť, aby tieto materiály neobsahovali škodlivé látky, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť životné prostredie alebo zdravie ľudí.

Cieľom tejto práce bolo skúmať, či by náhrada cementu vybranými, menej tradičnými odpadmi, ako sú bypasový odprašok, vaječné škrupiny a sklenený recyklát, mohla viesť k porovnateľným alebo dokonca lepším vlastnostiam cementových kompozitných materiálov vo väzbe na ich fyzikálno-mechanické a trvanlivostné parametre.

## Materiál a metódy

Cementové maltové vzorky s rozmermi 40 × 40 × 160 mm boli pripravené podľa STN EN 206-1<sup>22</sup>. Jednotlivé receptúry tvorili: 450 g cementu CEM I (referenčná vzorka (REF) bez náhrady cementu) alebo 360 g cementu (vzorky s náhradou cementu) + 90 g náhrady cementu odpadom, 1350 g piesku s frakciou 0/4 mm a 225 ml vody. U všetkých vzoriek bol dodržaný rovnaký vodný súčiniteľ s hodnotou 0,5. Pre cementové kompozitné zmesi boli použité ako náhrada 20 % hmotnosti cementu tieto odpady: vaječné škrupinky (ŠKR), recyklované sklo (SKL), bypasový odprašok (BO) z výroby cementu a vysokopecná troska (VPT), ktorá reprezentovala tradičnú, bežne používanú náhradu cementu. Bypasový odprašok, ktorý pochádzal z procesu výroby cementu a zachytával sa na filtroch v cementárskej peci, sa použil bez akejkoľvek úpravy. Vaječné škrupinky, ktoré vo všeobecnosti môžu predstavovať súčasť komunálneho alebo špecifický priemyselný odpad z výroby potravín boli pre potreby experimentu zozbierané z domácností, očistené, prepláchnuté etanolom, aby sa odstránili stopy po organických zvyškoch, a rozomleté na prášok. Sklenený materiál pochádzal z bežne používaných sklenených fliaš, ktoré boli očistené, rozdrvené a následne rozomleté na prášok. Pre porovnanie sa skúmala sa aj vysokopecná troska ako priemyselný odpad z výroby železa, ktorá sa dlhodobo používa v cementových kompozitoch a predstavuje typickú náhradu cementu. Použité náhrady sa líšili svojim chemickým zložením. Obsah CaO v jednotlivých náhradách predstavoval približne 16 %, 13 %, 58 % a 9 % pre vysokopecnú trosku, bypasový odprašok, vaječné škrupinky a sklo. Najvyššie zastúpenie SiO<sub>2</sub> bolo v sklenenom recykláte (60 %), potom nasledovala vysokopecná troska s 13 %, bypasový odprašok

s 4 % a vaječné škrupinky s obsahom 0,2 %. Vstupné suroviny mali aj rôznu zrnitosť. Priemerný rozmer zrna sa pohyboval od 5  $\mu\text{m}$  (BO) do 90  $\mu\text{m}$  (ŠKR).

Základné chemické zloženie bolo analyzované pomocou röntgen fluorescenčnej spektroskopie na zariadení Ametec Spectro iQ II (Ametek, Weiterstadt, Nemecko), vzorky mált boli podrvené a pomleté a analyzované v práškovej forme. Množstvo hydratovaných fáz bolo analyzované metódami termickej analýzy na analyzátoře STA 449 F3 Jupiter (Netzsch, Nemecko) pri rýchlosti ohrevu 30 K/min v dusíkovej atmosfére.

Pre posúdenie vhodnosti použitia jednotlivých prímiesí v cementových maltách boli vybrané nasledovné fyzikálno-mechanické parametre: konzistencia čerstvej malty, pevnosť v tlaku a v ťahu pri ohybe, objemová hmotnosť a nasiakavosť, ktoré boli testované v súlade s platnými postupmi podľa príslušných noriem. Skúška čerstvej malty bola prevedená podľa Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 3: Stanovenie konzistencie čerstvej malty (pomocou rozlievacieho stolíka)<sup>23</sup>, pevnosť v tlaku bola skúšaná podľa STN EN 1015-3<sup>24</sup> a pevnosť v ťahu pri ohybe podľa STN EN 206-1<sup>22</sup>, objemová hmotnosť podľa STN EN 12390-7<sup>25</sup> a nasiakavosť podľa STN 73 1316<sup>26</sup>.

Pre hodnotenie odolnosti voči agresívnym prostrediam bola zvolená skúška priepustnosti iónov (RCPT – Rapid chloride penetration test) podľa ASTM C1202<sup>27</sup>. Prechod iónov priamo súvisí s priepustnosťou cementových kompozitov, keďže pri materiáli, ktorý je viacej priepustný, dochádza k väčšiemu prenikaniu iónov a naopak, čím je menej priepustný, tým menej iónov sa dostane do štruktúry materiálu, čo predpokladá jeho pomalšiu degradáciu a tým vyššiu trvanlivosť.

Na zdôraznenie významu zníženia uhlíkovej stopy takto pripravených cementových kompozitov sa vyhodnotil potenciál globálneho otepľovania (GWP) pre rôzne zmesi cementových mált na báze odpadu v porovnaní s referenčnou vzorkou. Výpočet uhlíkovej stopy cementových mált sa uskutočnil pomocou metódy ReCiPe<sup>28</sup> v softvéri SimaPro<sup>29</sup> v hraniciach systému od kolísky po bránu. Potenciál globálneho otepľovania sa analyzoval na základe údajov z databázy Ecoinvent<sup>30</sup>.

## Výsledky a diskuse

Zloženie cementových mált bolo z chemického hľadiska porovnávané na základe výsledkov prvkovej analýzy na základe pomerov dominantných prvkov. Pomer Ca/Si každej vzorky bol väčší ako 0,6 a zároveň menší ako 1,0 čo vyhovuje pomeru pre cementové malty (tabuľka 1). Pomery prvkov Ca/Si boli pre jednotlivé receptúry veľmi blízke, a to indikovalo podobné vstupné podmienky pre vznik CSH fázy pri hydratačných procesoch.

Tabuľka 1: Výsledky prvkovej analýzy

Pomer prvkov Ca/Si	Vzorka				
	REF	VPT	BO	ŠKR	SKL
	0,79	0,62	0,76	0,75	0,74

## Skúšky čerstvej malty

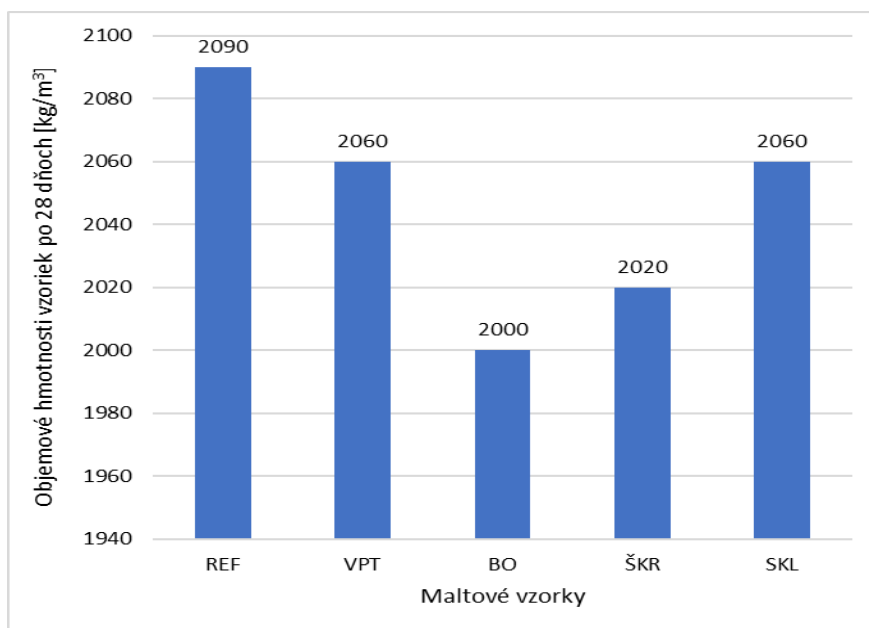
Výsledky skúšok rozliatia čerstvej malty pre jednotlivé zmesi sú prezentované v tabuľke 2. Ako je zrejmé z tabuľky 2, nebol pozorovaný významný rozdiel v konzistenciách jednotlivých zmesí, čo znamená, že nahradenie cementu študovanými prímiesami v danom hmotnostnom pomere nemalo výrazný vplyv na výsledné konzistencie čerstvých zmesí a tým danú spracovateľnosť. Skúšky možno považovať za uspokojivé, keďže sa jednotlivé hodnoty rozliatia nelíšili o viac ako 10 % podľa STN EN 1015-3.

**Tabuľka 2: Výsledky skúšky rozliatia**

Vzorka	Šírka rozliatia [mm]	Konzistencia
REF	148	plastická
VPT	147	plastická
BO	123	tuhá
ŠKR	145	plastická
SKL	138	tuhá

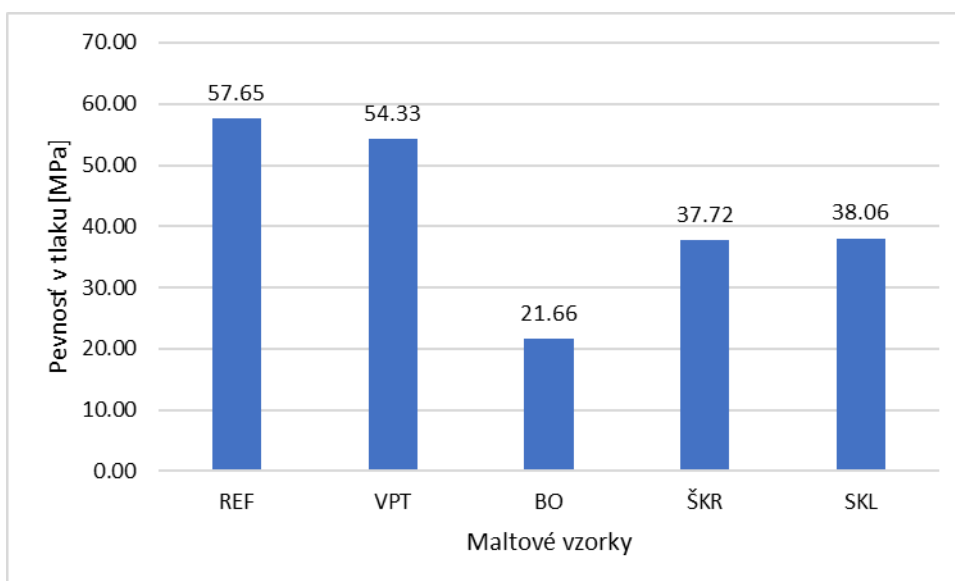
### Fyzikálno-mechanické parametre zatvrdnutej malty

Z obrázku 1, ktorý prezentuje porovnanie objemových hmotností zatvrdnutých vzoriek po 28 dňoch vyplýva, že najväčšiu objemovú hmotnosť dosiahla referenčná vzorka bez náhrady REF (2090 kg/m<sup>3</sup>). Vzorky s prímiesou vysokopecnej trosky (VPT) a skla (SKL) dosiahli zhodné výsledky (2060 kg/m<sup>3</sup>), ktoré boli nižšie než hodnota pre referenčnú vzorku, čo môže byť zapríčinené vyšším podielom pórov. Vzorky s prímiesou bypassu (BO) a škrupiniek (ŠKR) dosahovali najnižšie hodnoty objemových hmotností (2000 kg/m<sup>3</sup> a 2020 kg/m<sup>3</sup>). Je však nutné podotknúť, že celkový rozdiel v objemových hmotnostiach nebol tak výrazný, keďže rozdiel medzi referenčnou vzorkou (REF) a vzorkou s najnižšou hodnotou (BO) bol len 90 kg/m<sup>3</sup>.



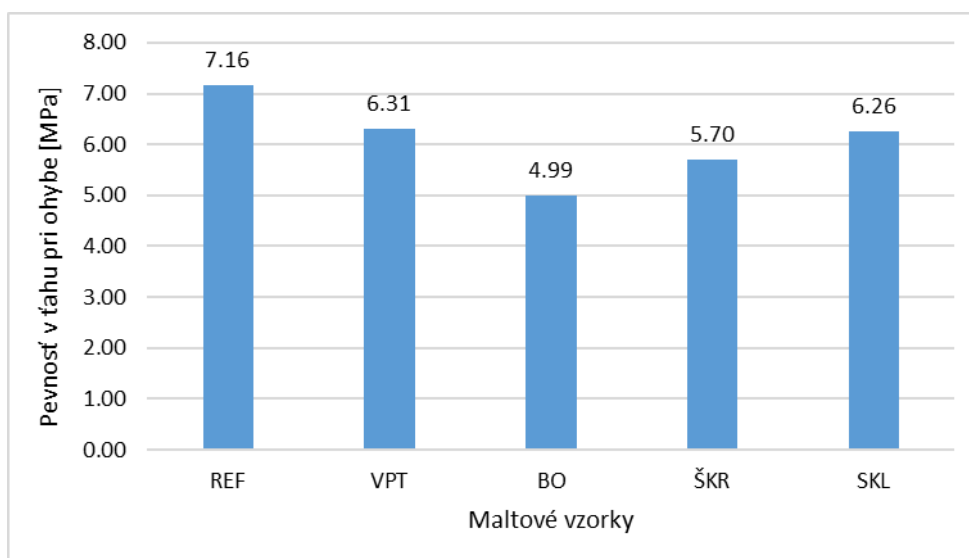
**Obrázok 1 Porovnanie objemových hmotností 28 dňových vzoriek**

Najvyššie hodnoty pevnosti v tlaku (57,7 MPa) dosiahla referenčná vzorka bez náhrady cementu (REF) a vzorka s prímiesou vysokopecnej trosky VPT (54,3 MPa) - obrázok 2. Vzorky s prímiesou vaječných škrupiniek (ŠKR) a skla (SKL) dosiahli porovnateľné hodnoty pevnosti (37,7 a 38,1 MPa), ktoré boli nižšie než u referenčnej vzorky, avšak je možné očakávať, že v dlhšom časovom horizonte sa v dôsledku puzolánovej aktivity tieto hodnoty priblížia referenčnej vzorke. Vzorka s prímiesou bypassu (BO) dosiahla veľmi nízku pevnosť v tlaku, čo je pravdepodobne spojené s relatívne vysokým podielom tejto prímiesy vo vzorke, kdeže podľa <sup>31</sup> sa odporúča optimálna náhrada cementu bypasom na úrovni 10 %.



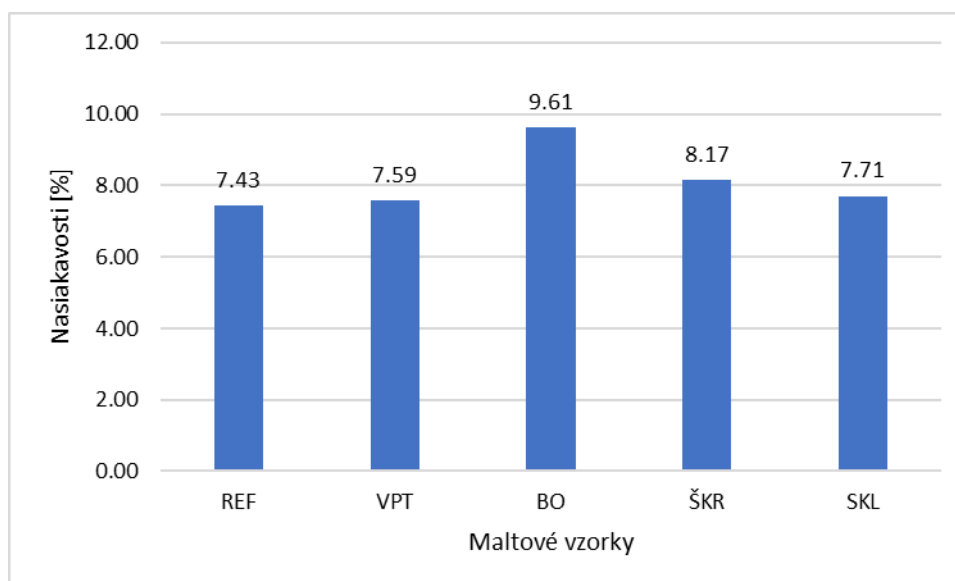
**Obrázok 2 Porovnanie pevností v tlaku 28 dňových vzoriek**

Analogicky, ako tomu bolo u hodnôt pevností v tlaku, aj pri pevnosti v ťahu pri ohybe boli zistené najvyššie hodnoty pre referenčnú vzorku bez náhrad (REF) na úrovni 7,2 MPa, nasledovala vzorka VPT s pevnosťou 6,3 MPa, čo zodpovedá takmer 88%-nej pevnosti referenčnej vzorky. Takmer rovnaká hodnota pevnosti v ťahu pri ohybe bola nameraná aj pre malty s náhradou cementu sklom (SKL). Najnižšie hodnoty pevnostných parametrov boli zaznamenané pre malty s náhradou bypasovým odpraškom (BO) – obrázok 3.



**Obrázok 3 Porovnanie pevností v ťahu pri ohybe 28 dňových vzoriek**

Z obrázku 4 vidíme, že najväčšiu nasiakavosť dosiahla vzorka s náhradou cementu bypasom, čo priamo koreluje s hodnotami objemových hmotností a pravdepodobne najvyšším podielom pórov v materiáli. Ostatné vzorky preukázali porovnateľné hodnoty nasiakavostí v intervale 7,4 – 8,2 %, pričom najnižšia hodnota bola zistená u referenčnej vzorky bez náhrad.



**Obrázok 4 Porovnanie hodnôt nasiakavosti 28 dňových vzoriek**

Pre lepšie porovnanie jednotlivých sledovaných parametrov ako aj posúdenie celkových charakteristík maltových vzoriek boli namerané hodnoty prepočítané vo vzťahu k hodnotám parametrov referenčnej vzorky a sú uvedené v tabuľke 3 vo forme percentuálnych hodnôt.

**Tabuľka 3: Percentuálne hodnoty fyzikálno-mechanických parametrov vo vzťahu k referenčnej vzorke**

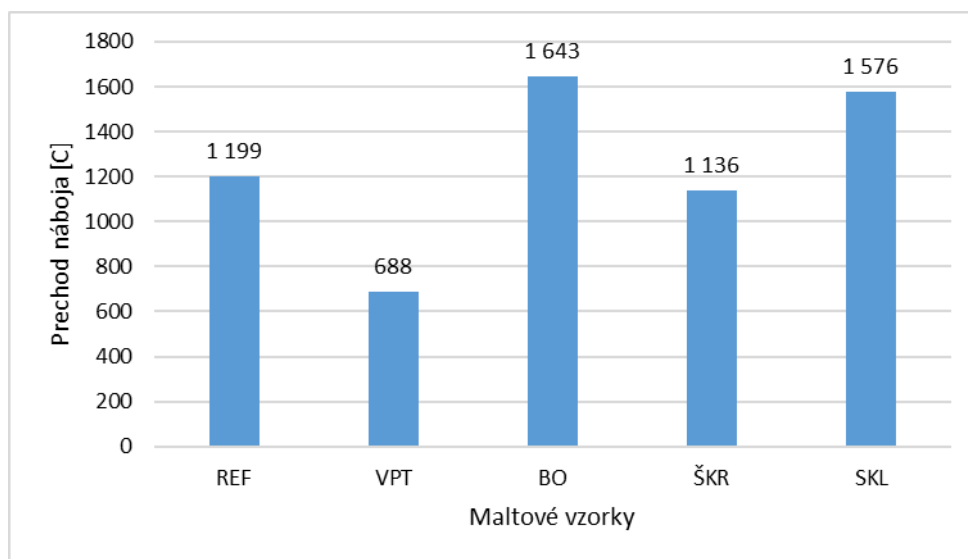
Vzorka	Objemová hmotnosť [%]	Pevnosť v tlaku [%]	Pevnosť v ťahu pri ohybe [%]	Nasiakavosť [%]
REF	100	100	100	100
VPT	98.54	94.25	88.12	102.13
BO	96.09	37.58	69.69	129.35
ŠKR	96.63	65.43	79.60	109.86
SKL	98.91	66.03	87.41	103.67

Z hľadiska týchto vybraných fyzikálno-mechanických parametrov je možné konštatovať, že malty s 20%-nou náhradou cementu vybranými odpadmi nedosiahli parametre referenčnej vzorky bez náhrady. Najviac sa referenčnej vzorke približujú malty s náhradou vysokopecnou troskou, ktorá sa dlhodobo pri výrobe cementových kompozitov už využíva a skleneným recyklátom. Využitiu skleneného recyklátu je potrebné venovať väčšiu pozornosť z hľadiska možnej alkalickkej reakcie v betóne, v našej štúdii sme predpokladali, že použitie veľmi jemných častíc skla nebude prispievať k uvedenému procesu. Najmenej vhodnou náhradou sa pri hodnotení vybraných vlastností mált javí bypasový odprašok, ktorý dosahuje jednoznačne najvyššie hodnoty nasiakavosti a najnižšie hodnoty pevnostných parametrov.

Avšak cieľom práce bolo posúdiť možný pozitívny príspevok jednotlivých náhrad pre zvýšenie odolnosti resp. trvanlivosti kompozitov.

### Trvanlivostné parametre mált

Ako už bolo spomenuté, pre posúdenie odolnosti voči agresívnemu pôsobeniu bolo zvolené testovanie prechodu agresívnych iónov cez maltové vzorky. Celkové množstvo preneseného náboja cez jednotlivé vzorky, získané pomocou RCPT testu je porovnané na obrázku 5.



**Obrázok 5: Porovnanie priepustnosti 28 dňových vzoriek na základe RCPT testu**

Najnižšie množstvo preneseného náboja, ktoré vyjadruje množstvo agresívnych iónov, ktoré prenikli do štruktúry cementovej matrice bolo zistené pre malty s vysokopecnou troskou (VPT), naopak, najviac priepustné pre agresívne ióny boli vzorky s náhradou cementu bypasovým odpraškom (BO) a sklenným recyklátom (SKL). Referenčná vzorka, na rozdiel od výsledkov fyzikálno-mechanických parametrov dosahovala horšie hodnoty nielen ako VPT (takmer o 43 %) ale aj ako vzorka s náhradou cementu vaječnými škrupinkami ŠKR (o 5,3 %). Tabuľka 4 udáva percentuálne porovnanie výsledkov RCPT meraní vo väzbe na referenčnú vzorku.

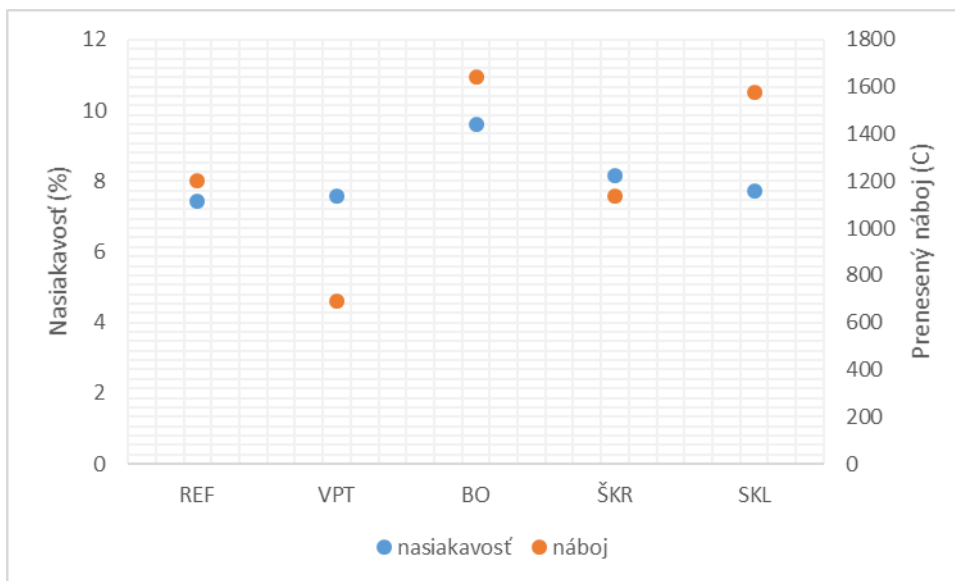
**Tabuľka 4: Percentuálne porovnanie výsledkov RCPT testu vo vzťahu k referenčnej vzorke**

Prenesený náboj [%]	Vzorka				
	REF	VPT	BO	ŠKR	SKL
	100	57.38	137.00	94.72	131.42

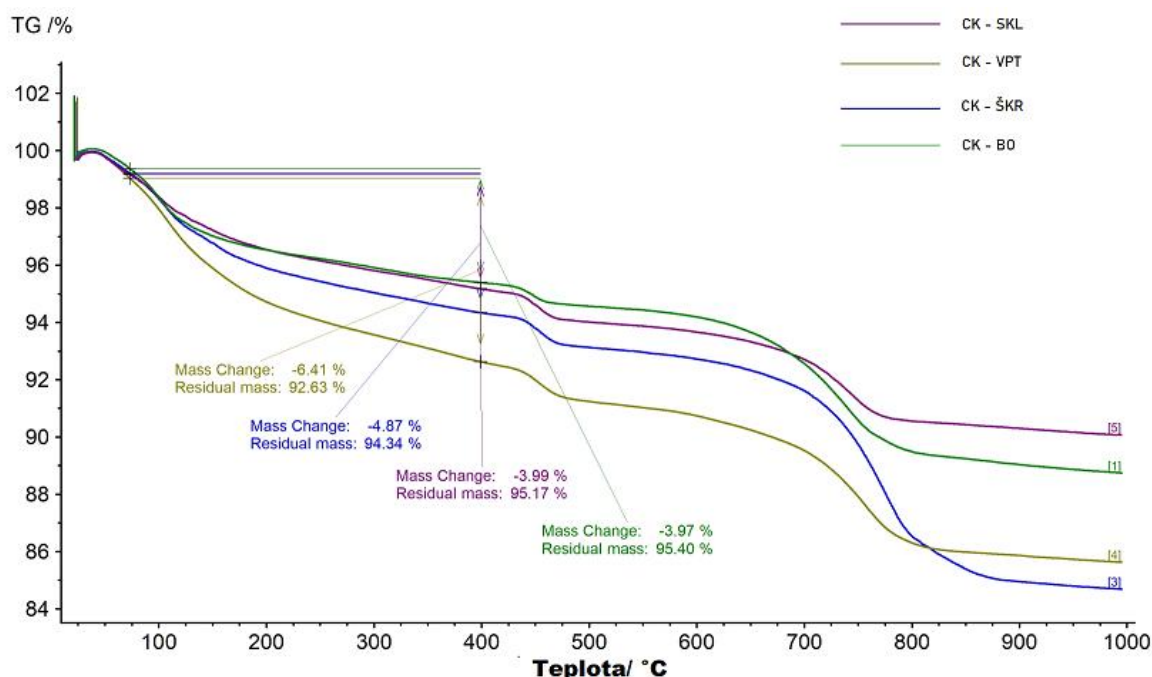
Tieto výsledky nie celkom korelujú s hodnotami nasiakavosti, ako je to vidieť na obrázku 6. Badateľný rozdiel medzi výsledkami nasiakavosti a RCPT testu je v prípade vzoriek s vysokopecnou troskou (VPT) a sklenného recyklátu (SKL). Pre vysvetlenie tohto rozporu by bolo vhodné sa bližšie venovať typu a veľkosti pórov ako aj ďalším faktorom, ktoré ovplyvňujú permeabilitu materiálu.

Pre jednotlivé vzorky s náhradou cementu odpadmi boli študované aj hmotnostné úbytky zodpovedajúce rozkladu hydratačných fáz (napr. CSH fázy a etringitu) v teplotnom intervale 70 – 400 °C. Porovnanie termogravimetrických kriviek (TG) cementových mált je na obrázku 7. Z obrázku vypláva, že najvyšší podiel hydratačných fáz bol stanovený u vzorky s náhradou cementu vysokopecnou troskou (VPT), nasledovali malty s vaječnými škrupinkami (ŠKR), a vzorky BO a SKL vykazovali najnižší, takmer rovnaký hmotnostný úbytok v dôsledku rozkladu hydratačných fáz, ktorý bol približne o 40 % nižší ako tomu bolo u VPT.





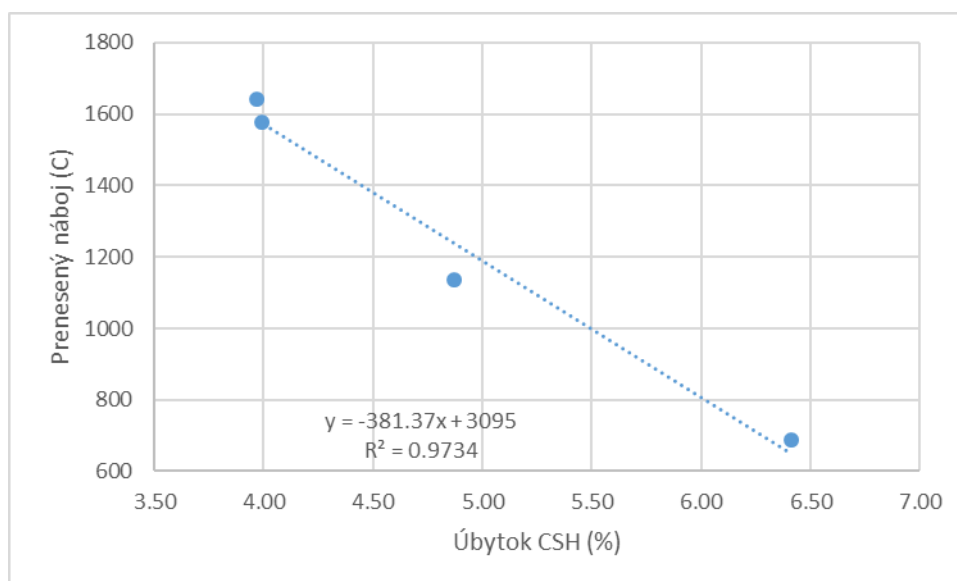
Obrázok 6: Porovnanie hodnôt nasiakavosti a výsledkov RCPT testu



Obrázok 7: TG krivky - hmotnostné úbytky zodpovedajúce rozkladu hydratačných fáz

Obsah hydratačných fáz a množstvo preneseného náboja cez jednotlivé vzorky vykazujú vysokú koreláciu ( $R = 0,987$ ), čím je vyšší obsah hydratačných fáz vo vzorke, tým je menej preneseného náboja cez vzorku, čo indikuje menej agresívnych iónov v matrici (obrázok 8). Potvrzuje sa tak opodstatnenosť predikcie trvanlivosti kompozitov podľa merania množstva prieniku agresívnych iónov do cementovej matrice.

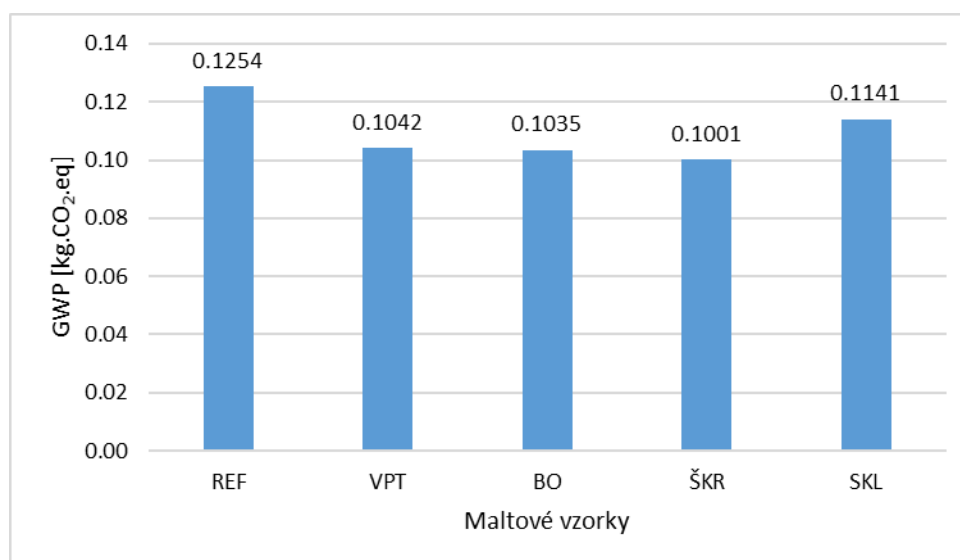
Z hľadiska študovaných trvanlivostných parametrov je možné konštatovať, že malty s 20%-nou náhradou cementu vysokopecnou troskou a vaječnými škrupinkami dosiahli lepšie výsledky ako referenčné kompozity a možno predpokladať ich vyššiu odolnosť v agresívnom prostredí. Čo sa týka vysokopecnej trosky, tieto poznatky sú známe, avšak perspektívnym odpadovým materiálom vo väzbe na zvýšenú odolnosť sa javí aj netradičný menej používaný typ odpadu a to vaječné škrupinky.



Obrázok 8 Korelácia medzi obsahom hydratačných fáz a preneseným nábojom

### Environmentálne parametre mált

Pre hodnotenie environmentálnej záťaže študovaných cementových kompozitov bol vybraný jeden indikátor environmentálneho vplyvu, konkrétne ich príspevok ku klimatickej zmene, ktorý sa vyjadruje pomocou hodnôt potenciálu globálneho otepľovania (GWP)<sup>32</sup>. Pri výpočte GWP jednotlivých receptúr sa uvažovalo o náhradách cementu ako o odpade, a boli zohľadnené iba procesy, ktoré sa s odpadom vykonávajú v priemyselnom zariadení po bod, kedy sa odpad dostáva na trh. Tieto informácie a hodnoty pre jednotlivé typy odpadov a náhrad boli čerpané z databázy Ecoinvent, na základe priemerných európskych údajov. Ako sa predpokladalo, náhrada cementu vyústila do zníženia hodnôt GWP. Obrázok 9 ilustruje porovnanie vypočítaných hodnôt GWP v jednotkách kg CO<sub>2</sub> ekvivalentov, vzťahnutých na individuálnu skúšobnú vzorku cementovej malty v našej štúdii.



Obrázok 9: Porovnanie vypočítaných hodnôt GWP pre jednotlivé vzorky

Pri porovnaní hodnôt GWP sa zistilo, že najnižší príspevok ku klimatickej zmene má vzorka s náhradou cementu vaječnými škrupinkami (ŠKR), ktorý je o 20,1 % nižší ako je GWP referenčnej vzorky (REF). Najmenší rozdiel medzi GWP hodnotami na úrovni 9 % bol zaznamenaný medzi REF a SKL. Príspevky ku klimatickej zmene kompozitov BO a VPT boli porovnateľné a vykazovali hodnoty o 17 % nižšie.

## Záver

Na základe výsledkov štúdie je možné konštatovať, že sa potvrdil potenciál využívania tradičných odpadov, ako je vysokopecná troska, ale aj netradičných odpadov, napr. vaječných škrupiniek pre zlepšenie trvanlivosti cementových kompozitov. Hľadanie alternatív náhrad cementu je vysoko aktuálne, keďže napr. existuje veľký tlak na transformáciu výroby železa z vysokopecného spôsobu na výrobu v elektrických oblúkových peciach a široko používaná vysokopecná troska do budúcnosti nemusí byť dostupná.

Je však potrebné podčiarknuť, že pre hodnotenie vhodnosti využívania odpadov pri výrobe stavebných materiálov je dôležité vyvíjať a implementovať komplexné riešenia, ktoré budú brať do úvahy nielen technické ale aj environmentálne, trvanlivostné a ekonomické faktory. Možno povedať, že využívanie tradičných a netradičných odpadov v procese výroby betónu predstavuje sľubný smer pre dosiahnutie udržateľnejšieho stavebného priemyslu. Implementácia týchto náhrad môže prispieť k zníženiu emisií skleníkových plynov, minimalizácii odpadu a udržateľnejšiemu využívaniu prírodných zdrojov.

## Pod'akovanie

Výskum sa uskutočnil v rámci riešenia projektov VEGA 1/0230/21 a 2/0108/23.

## Literatura

1. Van Damme, H. Cem. Concr. Res. 112, (2018).
2. Song D., Yang J., Chen B., Hayat T., Alsaedi A. Appl. Energy. 164, (2016).
3. Busch P., Kendall A., Murphy C. W., Miller S. A. Resour. Conserv. Recycl. 182, 106278 (2022).
4. Jiménez L. F., Dominguez J. A., Vega-Azamar R. E. Adv. Civ. Eng. (2018).
5. Bennett B., Visintin P., Xie T. J. Build. Eng. 52, 104394 (2022).
6. Habert G., Miller S. A., John V. M., Provis J. L., Favier A., Horvath A., Scrivener K. L. Nat. Rev. Earth Environ. 1, 11 (2020).
7. Thomas M., Barcelo L., Blair B., Cail K., Delagrave A., Kazanis K. Transp. Res. Rec. 2290, 1 (2012).
8. Busch P., Kendall, A., Murphy C. W., Miller S. A. Resour. Conserv. Recycl. 182, 106278 (2022).
9. Knight K. A., Cunningham P. R., Miller S. A. Cem. Concr. Compos., 139, 105049 (2023).
10. Sharma R., Khan R. A. J. Mater. Eng. Struct. "JMES". 3, 3 (2016).
11. Lollini F., Redaelli E., Bertolini L. Constr. Build. Mater. 120 (2016).
12. Bondar D.: Alkali activation of Iranian natural pozzolans for producing geopolymer cement and concrete. Doctoral dissertation: University of Sheffield, Sheffield, UK, 2009.
13. Hossain M. M., Karim M. R., Hossain M. K., Islam M. N., Zain M. F. M. Const. Build. Mat. 93 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.094>.
14. Thomas M., Hooton R. D., Rogers C., Fournier B. Concrete International, 34, 1 (2012).
15. Thomas M. D. Mag. Concrete Res. 48, 177 (1996). <https://doi.org/10.1680/mac.1996.48.177.265>.
16. Sasanipour H., Aslani F., Taherinezhad J. Const. Build. Mat. 227, 116598 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.324>.
17. Shahmansouri A. A., et al. J. Clean. Prod. 279, 123697 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123697>.
18. Ahmad O. A., Amer. J. Appl. Scien. 14 (2017). <https://doi.org/10.3844/ajassp.2017.1031.1038>.
19. Sim S., Rhee J. H., Oh J. E., Kim G. Const. Build. Mat. 407, 133538 (2023).

20. Wang Y., Ramanathan S., Chopperla K. S. T., Ideker J. H., Suraneni P. Cem. Concr. Compos. 133, 104723 (2022).
21. Alengaram, U. J. (2023). Dostupné na <https://www.intechopen.com/online-first/88348>, 9.1.2024
22. STN EN 206: Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda (2021).
23. STN EN 1015-3 722441: Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 3: Stanovenie konzistencie čerstvej malty (pomocou rozlievacieho stolíka) (2000).
24. STN 73 1316: Stanovenie vlhkosti, nasiakavosti a vztlínivosti betónu (2023).
25. STN EN 12390-7: (73 1302): Skúšanie zatvrdnutého betónu – Časť 7: Objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu (2011).
26. STN EN 12390-3: (73 1302): Skúšanie zatvrdnutého betónu – Časť 3: Pevnosť v tlaku skúšobných telies (2020).
27. ASTM C1202: Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration (1997).
28. Huijbregts M.A.J., Steinmann Z.J.N., Elshout P.M.F. et al. Int. J. Life Cycle Assess. 22 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>.
29. Sustainability, PRÉ. "SimaPro database manual: methods library." Pré Sustainability: Amersfoort, The Netherlands (2020).
30. Weidema B. P., Bauer C., Hischer R., Mutel C., Nemecek T., Reinhard J., Vadenbo C. O., Wernet G. St. Gallen: Theecoinvent Centre (2013).
31. Stevulova N., Junak J., Strigac J., Junakova N. Mater. Sci. Eng. 1252 (2013).
32. STN EN 15804 + A2 +AC: (73 0912): Trvalá udržateľnosť výstavby. Environmentálne vyhlásenia o produktoch. Základné pravidlá skupiny stavebných produktov (2023).

## Waste utilization and durability of cementitious composites

**Adriana ESTOKOVA, Miriama CAMBAL HOLOSOVA, Martin JAS, Alena SICAKOVA**

Faculty of Civil Engineering, Technical university of Kosice, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, Slovensko

e-mail: [adriana.estokova@tuke.sk](mailto:adriana.estokova@tuke.sk)

### Summary

*The focus of the research presented is on the use of specific waste materials as supplementary cementitious components in cement-based construction materials. The primary objective is to investigate whether the incorporation of non-traditional wastes with pozzolanic properties can result in positive changes in the quality and technological parameters of cementitious composites. Cement mortars were prepared with 20% cement substitution by the mentioned wastes and subsequently compared with reference composites without any waste substitution. Several technological parameters were considered in the analysis, including compressive and tensile strength, bulk density, water absorption and consistency. Particular emphasis was placed on durability parameters, as evidenced by the measurement of aggressive ion penetration. The experimental results showed that the composites with eggshell exhibited satisfactory values in both engineering and durability parameters studied. Composites containing blast-furnace slag showed improved resistance to the penetration of aggressive ions, as expected.*

**Keywords:** concrete, cement substitution, corrosion, industrial waste

# Optimizing properties of gypsum mixtures through modifications of construction gypsum board waste

Hana SEKAVOVÁ, Zdeněk PROŠEK, Pavel TESÁREK

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Thákurova 7, 166 29 Prague 6, Czech Republic

## Summary

The article presents the results of utilizing modified gypsum board waste from construction and demolition debris, obtained from a real construction site and processed using a developed recycling line for construction gypsum board. The research focused on examining the impact of modification (in terms of grinding fineness) on the resulting properties of dry gypsum mixtures, with replacements in the mixture ranging from 10%, 25%, to 50% by weight for gypsum binder. Parameters such as bulk density, flexural strength, and compressive strength after 7 days from the sample production were monitored. The results indicate that, with appropriate modification, it is possible to efficiently substitute a portion of gypsum binder in dry gypsum mixtures with modified gypsum board recycle.

**Keywords:** recycling, construction and demolition waste, gypsum, gypsum board.

## Introduction

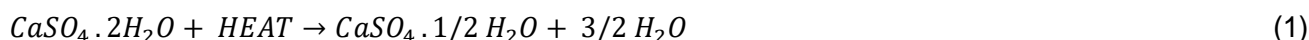
The global challenge of recycling building materials is gaining worldwide attention. While concrete is often spotlighted as a recyclable material, it is essential to recognize that various widely used materials require recycling and further processing. However, the recycling of certain building materials, including gypsum board waste, encounters challenges similar to waste from other industries, often leading to landfilling<sup>1,2</sup>.

In recent years, the focus on dry construction, particularly in gypsum board systems, has increased. The rising demand for gypsum boards has resulted in a corresponding increase in waste generated from production, construction, reconstructions, and demolitions<sup>2</sup>. Presently, the majority of gypsum board waste ends up in landfills, with only a relatively small portion being reused<sup>3</sup>.

One aspect often overlooked in recycling solutions for gypsum boards and gypsum products is that gypsum is a unique material. It is 100% recyclable indefinitely<sup>4</sup>. From a construction perspective, gypsum has been a valuable material for several thousand years (e.g., in ancient Egypt) due to its excellent thermal-technical properties, mechanical strength, and fire resistance. Gypsum also offers the advantage of being modifiable through additives and admixtures to enhance its properties<sup>5</sup>.

Gypsum binder (stucco, calcium sulfate hemihydrate  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) does not occur naturally (only as  $\text{CaSO}_4$  anhydrite or  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  calcium sulfate dihydrate). It is produced by subjecting calcium sulfate (either natural or synthetic) to high temperatures in a process called calcination, typically occurring at temperatures above 180 °C, releasing water from gypsum (calcium sulfate dihydrate) at temperatures exceeding 150 °C<sup>6</sup>.

The fundamental equation for gypsum production is expressed as follows (Equation (1)):



Rehydration of gypsum, leading to the formation of hardened gypsum, occurs upon mixing with water, as per Equation (2):



According to these equations, gypsum can be recycled multiple times at relatively low costs, involving high temperatures (calcination) and grinding to achieve the desired grain size. The properties of the resulting calcined gypsum depend directly on the grain size and the extent of calcination (amount of

uncalcined gypsum grains). Both grain size and the presence of uncalcined gypsum grains influence the hydration process. Smaller grain sizes increase the specific surface area, accelerating the hydration reaction<sup>7</sup>.

The contribution is primarily based on projects funded by the Technology Agency of the Czech Republic (TA ČR), specifically Trend 3 under the grant number FW03010054, titled "Recycling and Transformation of Construction Gypsum Board Waste into New Building Products and Applications with Added Value" (2021-2023). Additionally, support is acknowledged from another TA ČR project, Environment for Life 3 under the grant number SS03010302, titled "Development of Effective Tools for Minimizing the Generation of Construction and Demolition Waste, its Monitoring, and Reutilization" (2021-2023). The ongoing research is expected to continue under the framework of the HORIZON 2020+ project with the grant number 101058580, titled "Automated Solutions for Sustainable and Circular Construction and Demolition Waste Management" (2022-2026).

## Materials and samples

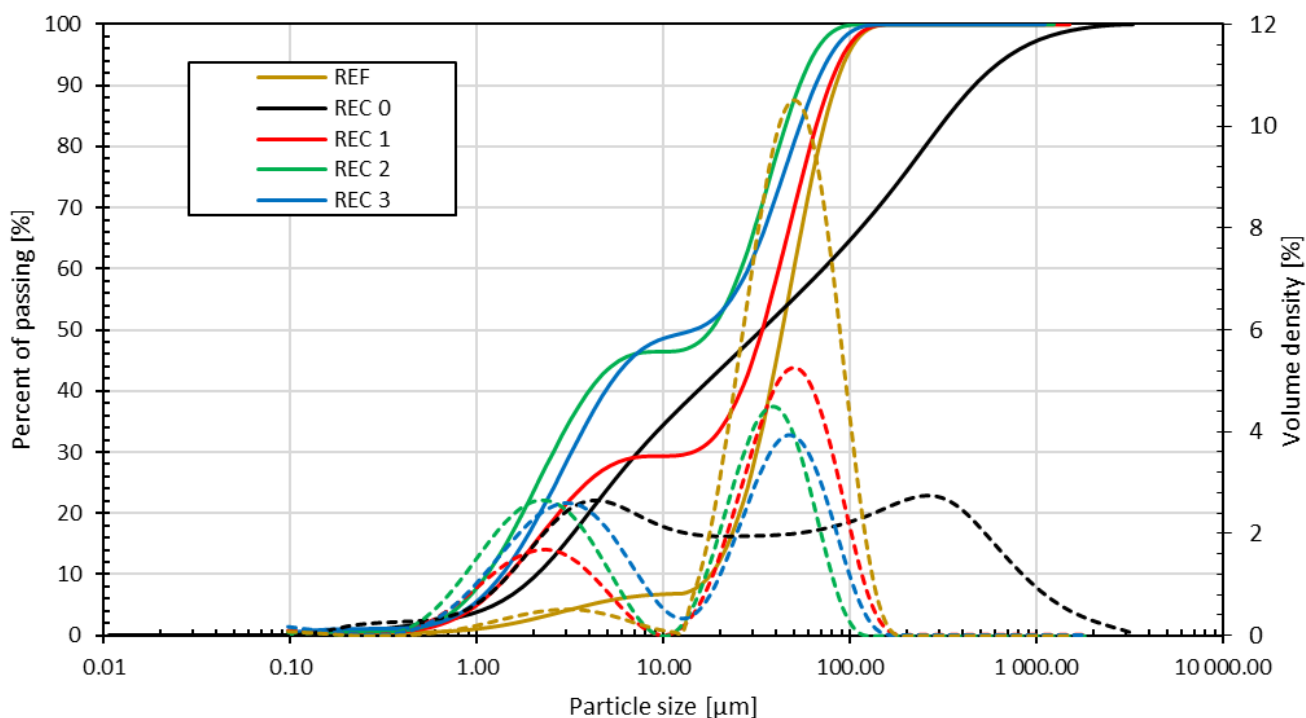
The tested mixtures were composed of varying ratios of gypsum binder and recycled material based on gypsum board waste. The chosen gypsum binder for testing was a calcined gypsum-based binder produced from energy gypsum, referred to as REF (reference). The gypsum binder consisted of hemihydrate of calcium sulfate with a purity of 98 wt.%. The sample waste material was selected from gypsum board Type A waste according to (ČSN) EN 520<sup>8</sup>, i.e., standard gypsum board. The waste material originated from the sorting of construction and demolition waste from the construction of family houses in Prague.

The recycled material was obtained by processing gypsum board waste using the Lavaris LAV 400/IR-SD recycling line developed by Lavaris s.r.o. in Libčice nad Vltavou<sup>1</sup>. For coarse processing and separation of cardboard and other (construction) impurities, a primary crusher was initially used, and the fraction 0/1 mm was separated from it (labeled as REF 0). The coarse recyclate REC 0 consisted of gypsum with a purity of around 90 wt.%, with the remainder comprising impurities in the form of cardboard remnants and various forms of calcium sulfate, which are challenging to define.

The coarse recyclate REC 0 was subsequently processed using a high-speed (high-energy) mill at various grinding levels. In the case of recyclate REC 1, it was a single-level grinding; in the case of recyclate REC 2, it was a two-level grinding, and in the case of recyclate REC 3, it was a three-level grinding. In all cases, the same grinding elements (pins) and grinding speed (100 m/s) were used.

The main task was to verify the efficiency of multiple grinding treatments on the resulting properties of the modified gypsum recyclate and its influence on the properties of the hardened gypsum paste concerning the amount of replacement used for the reference gypsum. During grinding, heat is generated due to friction, resulting in partial calcination of the recyclate. According to XRD phase analysis, recyclate REC 1 contained an unmeasurable amount of hemihydrate of calcium sulfate, REC 2 contained approximately 2 wt. % hemihydrate of calcium sulfate, and REC 3 contained from 2 to 5 wt. % hemihydrate of calcium sulfate.

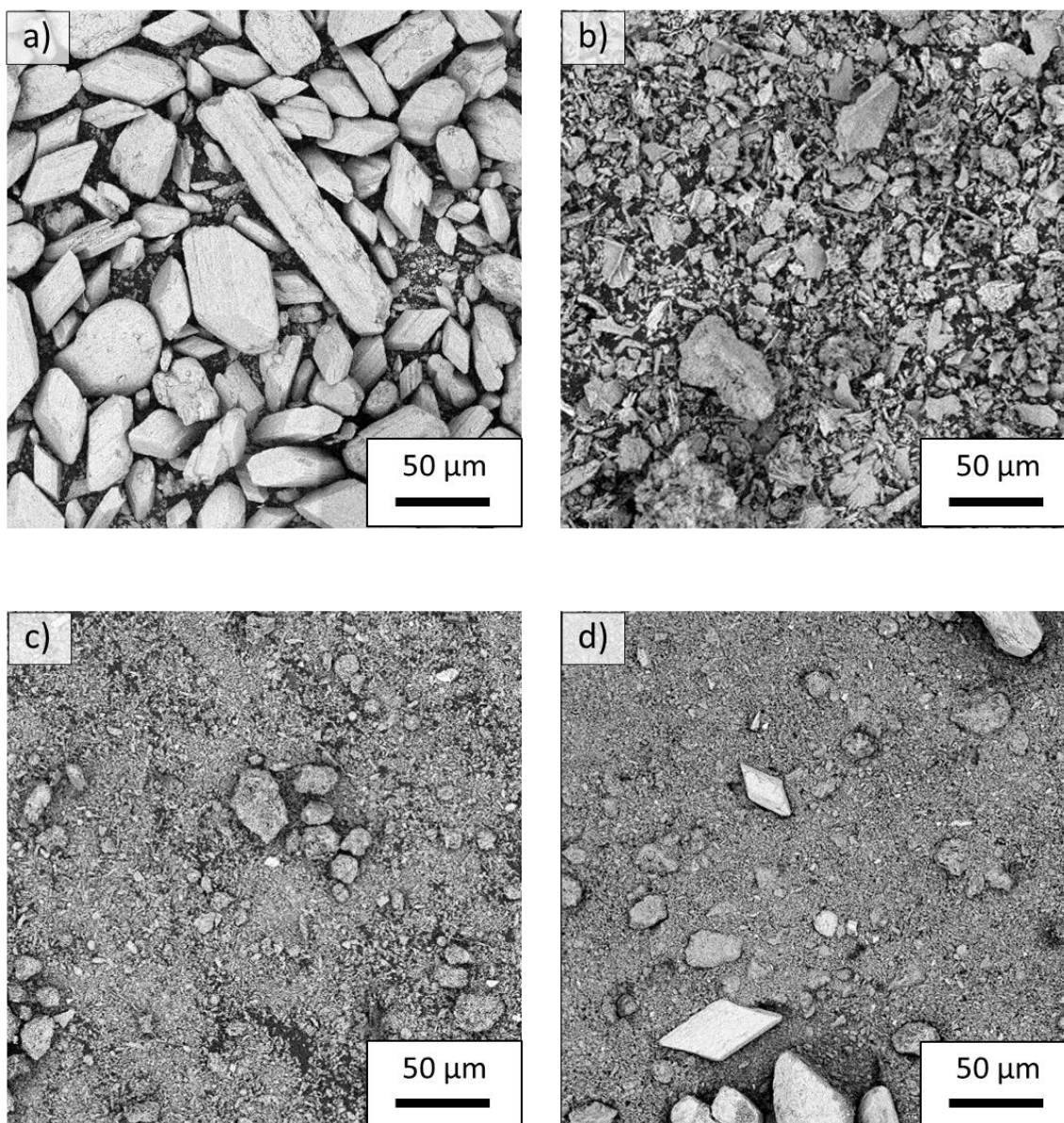
The grain characteristics of the individual materials used (reference and modified recyclate) are evident in Figure 1, showing the grain size curves of the materials used. The results indicate that grinding treatment achieved a finer material than that of the reference gypsum binder. Each subsequent grinding level resulted in a finer material. Minimal differences were observed between the second and third grinding levels. The recyclate once grind (REC 1) had a grain size curve most similar to the reference gypsum binder (REF).



**Figure 1: Comparison of the percent of passing and Volumetric density of the tested samples.**

The structure of individual  $\text{CaSO}_4$  crystals was characterized using electron microscopy. Scanning Electron Microscopy (SEM) was conducted with the FEG SEM Merlin from ZEISS, situated in the Electron microscopy laboratory at the University Centre for Energy Efficient Buildings. In Figure 2, the distinctive grain characteristics of the recyclate are compared with the reference gypsum binder.

Figure 2 illustrates that, during grinding, a larger quantity of fine particles is generated compared to the reference binder, validating the grain size curve depicted in Figure 1. Additionally, the impact of grinding is observable, resulting in a mild disruption of the gypsum crystal structure. This effect is attributed to the recycling process itself, consistent with findings by A. Erbs et al. in their work, where they determined three recycling cycles as the maximum limit before the crystals become unusable<sup>9</sup>.



**Figure 2: SEM images of the microstructure of the used gypsum-based powder materials, BSE electron detector, magnified 2 k $\times$ : a) REF, b) REC 1, c) REC 2, d) REC 3**

Table 1 presents the composition of individual mixtures, with replacement amounts of the reference gypsum chosen at 10, 25, and 50 wt. %. Each mixture comprised six samples with dimensions of 40 × 40 × 160 mm, cast into rectangular molds. After casting, these samples were stored in molds in the laboratory at a temperature of 22 °C. Once removed from the mold, the samples were allowed to rest in the laboratory environment for 5 days. Subsequently, the samples were placed in a drying room and artificially dried at a temperature of 40°C.

For ease of mixture processability, a water ratio (water/gypsum) of 1.2 was used for the coarse recycle REC 0, and for the fine recycle (REC 1, REC 2, and REC 3), a water ratio of 1.4 was employed. The comparative parameter was the workability of the mixture with a 50 wt. % recycle content. The workability was measured according to ČSN 72 2301<sup>10</sup> using a modified procedure for determining the standard consistency, with the resulting spread being 250 mm. The high water content resulted in a slow-setting binder, for which the setting time is not standardized according to ČSN 72 2301<sup>10</sup>. For this reason, it was not measured.



**Table 1: Composition of the tested mixtures.**

Set	Gypsum binder REF [g]	Recycled gypsum REC 0 [g]	Recycled gypsum REC 1 [g]	Recycled gypsum REC 2 [g]	Recycled gypsum REC 3 [g]	Water [g]	w/g [-]
Ref	1000	0	0	0	0	1200	1.2
R0_10	900	100	0	0	0	1200	1.2
R0_25	750	250	0	0	0	1200	1.2
R0_50	500	500	0	0	0	1200	1.2
R1_10	900	0	100	0	0	1200	1.4
R1_25	750	0	250	0	0	1400	1.4
R1_50	500	0	500	0	0	1400	1.4
R2_10	900	0	0	100	0	1400	1.4
R2_25	750	0	0	250	0	1400	1.4
R2_50	500	0	0	500	0	1400	1.4
R3_10	900	0	0	0	100	1400	1.4
R3_25	750	0	0	0	250	1400	1.4
R3_50	500	0	0	0	500	1400	1.4

## Experimental methods

The samples were destructively tested after 7 days to determine the flexural and compressive strength using the FHF Strassentest device. The flexural strength was determined by a three-point bending test. The flexural strength testing was controlled by a constant speed of 0.5 mm/min. The distance between supports for the three-point bending test was 100 mm. The resulting flexural strength was calculated using Equation (3):

$$f_b = \frac{3 \cdot F_{b,max} \cdot L_s}{2 \cdot b \cdot a^2} \quad (3)$$

where  $F_{b,max}$  is the maximum force during bending (determined during the test),  $L_s$  is the span between supports for the three-point bending test (in our case, 100 mm),  $b$  is the width of the sample, and  $a$  is the height of the sample.

The compressive strength was determined using uniaxial compression testing. Uniaxial compression tests were conducted on the fractured halves of the samples after the flexural test, with effective dimensions of 40 × 40 × 40 mm. Compressive strength testing was controlled at a constant speed of 1 mm/min. The resulting compressive strength was calculated using Equation (4):

$$f_c = F_{c,max}/ab \quad (4)$$

where  $F_{c,max}$  is the maximum force during compression, and  $a$  and  $b$  represent the height and width of the sample, respectively.

All tests were conducted in accordance with the ČSN 72 2301 standard<sup>10</sup>. The resulting average values for compressive strength and flexural strength were calculated by excluding the highest and lowest values obtained during testing. From the measured values determined during the destructive testing, the bulk density and volumetric changes were subsequently calculated.

## Results and discussion

In Figure 3, average bulk density values are compared with indicated standard deviations for samples aged 7 days after drying. The comparison reveals that, for material R0, the coarsely processed material with a fraction of 0/1 mm, there was no noticeable change in bulk density with increasing replacement content. For all mixtures with R0 replacement, it decreased from approximately 900 kg/m<sup>3</sup> to 700 kg/m<sup>3</sup>.

Significant changes in bulk density values depending on the replacement content were observed for recycled materials R1 and R3. For the material R3 with 10% replacement, a value of 750 kg/m<sup>3</sup> was determined, increasing to 1500 kg/m<sup>3</sup> for 50% replacement, doubling the original value. During the drying of samples with replacements R1, R2, and R3, substantial volumetric changes occurred.

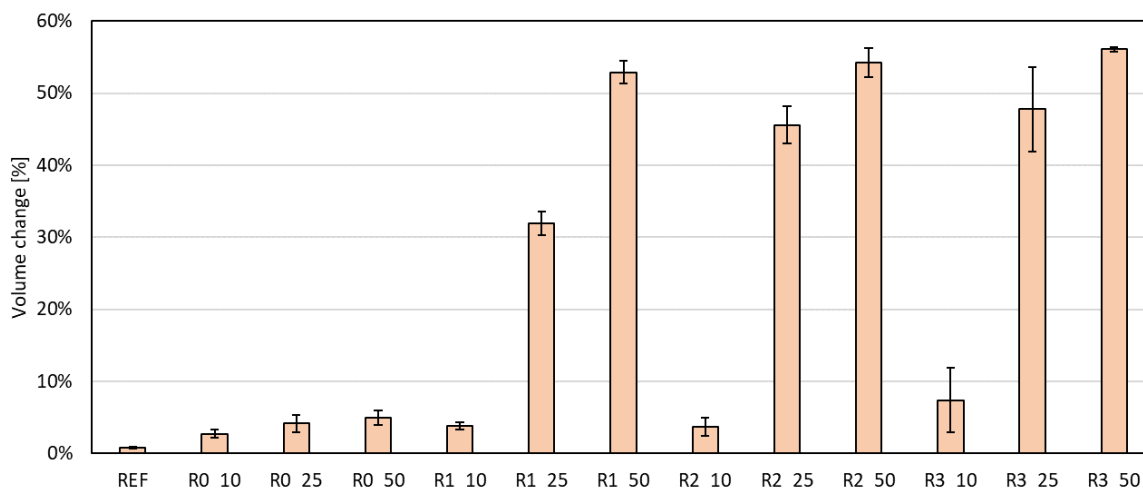
The reference material REF is composed of 98 wt. % hemihydrate of calcium sulfate, while the recycled material REC 0 is significantly coarser and has a markedly lower specific surface area, as evidenced by the particle size distribution (Figure 1). It consists of 90 wt. % gypsum (dihydrate of calcium sulfate). Primarily, in the dry gypsum mix, it acts as an inert filler but also serves as crystallization centers at the beginning of the hydration process (i.e., setting and hardening of gypsum paste) due to its fine particles.

Volumetric changes are relatively small, resulting in a slight decrease in bulk density values. For other mixtures, which are markedly finer than the reference material and consequently have a significantly higher specific surface area, the influence of replacements is pronounced.

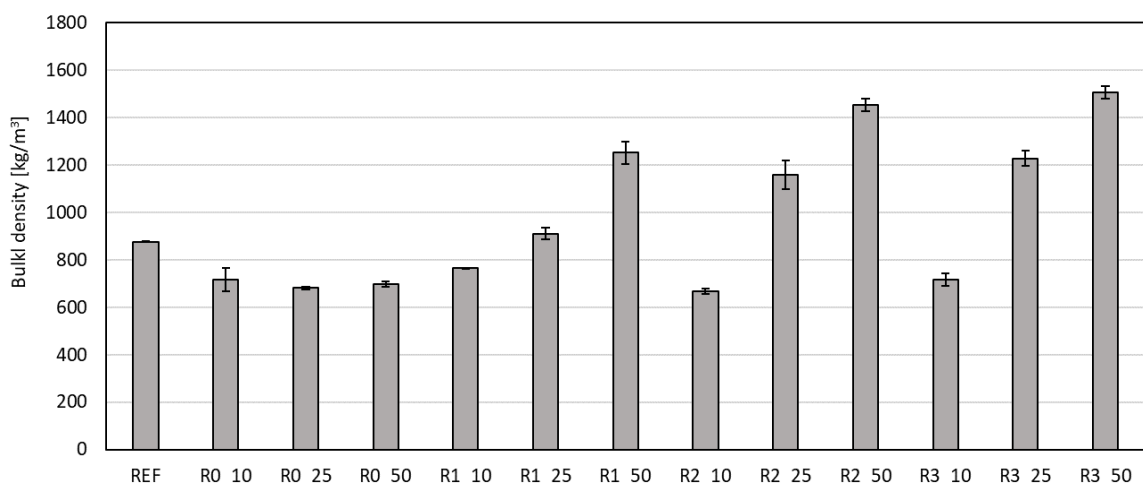
During the initial mixing of homogenized and dry mixtures, in the case of material R3 with a ratio of 50/50 hemihydrate/dihydrate of calcium sulfate, a significant change in the water-to-gypsum binder ratio occurred. Compared to the reference set REF, this led to a considerable delay in the setting and hardening process. In the REF set, samples could be demolded after 20 minutes from mixing with water, exhibiting slight expansion typical for gypsum samples. After 20 minutes, the samples already had sufficient compressive strength, reaching their final strength after 7 days, with minimal shrinkage.

For REC 3 samples, demolding was possible only after 24 hours, and volumetric changes associated with drying continued for several days. Another effect during hydration was a reduction in the development of hydration heat, both in terms of the time course and the values of specific heat during hydration.

For sets R1, R2, and R3 with a 50/50 wt. % gypsum binder/recyclate ratio, it can be assumed that the water ratio allowed the formation of much larger crystals of calcium sulfate, which could form over a significantly longer time. Simultaneously, part of the mixing water was adsorbed by the hemihydrate from the recyclate, enveloping the grains and gradually leading to its dissolution. The solubility of dihydrate of calcium sulfate in water is approximately 0.26 g/100 g at 20 °C. Gradually, especially after demolding, the evaporation surface area increases, causing drying, while a fairly high-quality internal structure is gradually forming. After drying, the samples exhibit some deformation but remain relatively compact even with volumetric changes of up to 50%. B. Hansen and colleagues also arrived at similar results, addressing various influences of additives and sulfur content on the resulting quality of the formed gypsum crystal<sup>11</sup>.



**Figure 3: Comparison of the volume change of the tested samples (with standard deviations).**

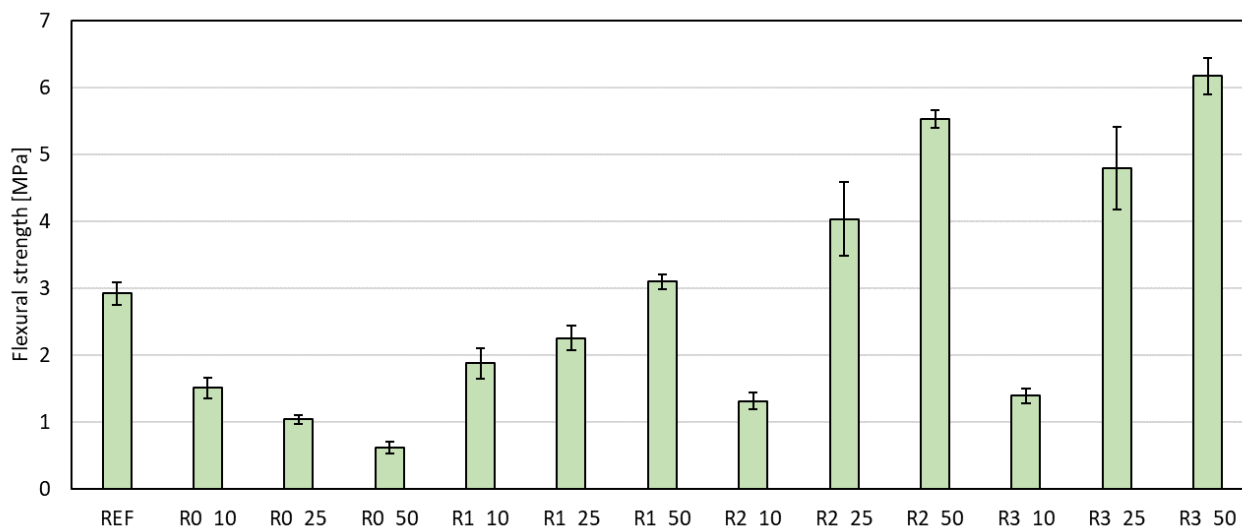


**Figure 4: Comparison of bulk density of the tested samples (with standard deviations).**

In Figure 5, average flexural strength values at 7 days are compared for the tested samples. Despite the high shrinkage values, it is noteworthy that relevant flexural tensile strength values were determined. Cracks did not significantly impact these values, although the standard deviations are higher than typical for hardened gypsum slurry (as seen in the reference set REF).

In comparison to the reference set, the R0 set with coarse recyclate experienced an expected decrease, with values dropping by up to a quarter at 50% replacement. For recycled materials REC 1, REC 2, and REC 3, a 10% replacement led to a decrease in flexural strengths ranging from 50% to approximately 80%. At a 25% replacement in the R1 set, values remained the same, while the R2 set experienced an increase of approximately 30%, and for the R3 set, the flexural tensile strength more than doubled.

With a 50% replacement in the R1 set, the value is comparable to the REF material, R2 showed an increase of about 40%, and the R3 set exhibited a doubling of flexural tensile strength. Furthermore, it is evident that the flexural strength values correspond to the bulk density values of samples or individual sets, showing their dependence on the amount of replacement with recyclate.

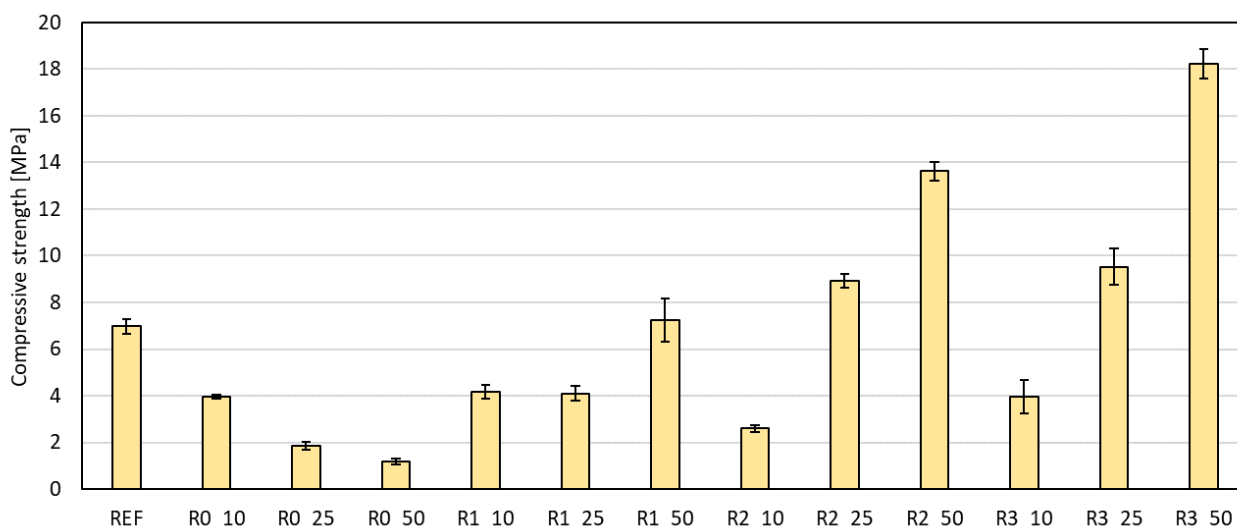


**Figure 5: Comparison of the flexural strength of the tested samples (with standard deviations).**

In Figure 6, average compressive strength values at 7 days are compared for the tested samples. Similar to flexural tensile strength, it is important to note that despite the high shrinkage values, relevant compressive strength values were determined.

In comparison to the reference set REF, the recycled material R0 experienced an expected decrease, with values dropping by up to a quarter at 50% replacement. For recycled materials REC1, REC2, and REC3, a 10% replacement led to a decrease in compressive strength by approximately half. At a 25% replacement in all three mixtures, there was an increase in compressive strength. With a 50% replacement in the R1 set, the value is comparable to the REF material, R2 showed an increase of more than double, and the R3 set exhibited a 2.5 times increase in compressive strength. Similar to flexural tensile strength, it is evident that compressive strength corresponds to the values of bulk densities of samples.

In the case of coarser grain size replacements, other authors achieved similar results<sup>12</sup>. In the case of using a larger amount of finely ground dihydrate calcium sulfate, there are no known publications because it leads to the formation of a large number of nucleation centers, and the mixture becomes unprocessable. Often, even a content below 1% by weight creates a completely unusable mixture. In our case, we circumvented this issue by using a higher water ratio<sup>13</sup>.



**Figure 6: Comparison of the compressive strength of the tested samples (with standard deviations).**

## Conclusion

In conclusion, this study has emphasized the impact of the chosen recycling method on the properties of gypsum mixtures. High-speed grinding on the recycling line resulted in material refinement and increased specific surfaces. The recycled material, when used as a substitute for gypsum, plays a dual role as both a filler and a crystallization center. Despite significant shrinkage, a solid structure was achieved, albeit with high fragility. Multivariable grinding led to increased flexural and compressive strength with a growing specific surface. The material with coarse recycled content exhibited strength reduction, particularly at higher replacements.

Overall, the scientific approach to recycling construction gypsum board waste paves the way for a more sustainable and efficient utilization of these materials in construction.

## Acknowledgement

The contribution was supported by the project TA ČR Trend 3 No. FW03010054 "Recycling and transformation of construction gypsum board waste into new building products and applications with added value" (2021-2023), the project TA ČR Environment for Life No. SS03010302 "Development of Effective Tools for Minimizing the Generation of Construction and Demolition Waste, its Monitoring, and Reutilization" (2021-2023), the project HORIZON 2020+ No. 101058580 "Automated solutions for sustainable and circular construction and demolition waste management" (2022-2026), and the project at the Czech Technical University in Prague SGS SGS22/089/OHK1/2T/11.

## References

1. Prošek Z., Nežerka V., Sekavová H., Karra'a G., Tesárek P., Karra'a G.: *Proceeding of conference RECYCLING 2020 - Recyklace a využití stavebních odpadů jako druhotných surovin*, str. 125. Vysoké učení technické Brno, Brno 2020.
2. Sekavová H., Herrmann J., Prošek Z., Nyč M., Karra'a G.: *Acta Polytechnica CTU Proceedings* 26, 81 (2020).
3. Prošek Z., Trejbal J., Sekavová H., Tesárek P., Karra'a, G. *Proceeding of conference RECYCLING 2019 - Recyklace a využití stavebních odpadů jako druhotných surovin*, str. 113-116. Vysoké učení technické Brno, Brno 2019.
4. Plachý T., Tesárek P., Ťoupek R., Polák M.: *Procedia Eng.* 48, 56 (2012).
5. Tesárek P., Drchalová J., Kolísko J., Rovaničková P., Černý R.: *Constr. Build. Mater.* 21, 1500 (2007).
6. Černý R.: *Vlastnosti modifikované sádry*, Vysoké učení technické v Brně, Brno 2009.
7. Singh M., Garg M.: *Cem. Concr. Res.* 30, 571 (2000).
8. ČSN EN 520+A1. *Sádrokartonové desky - Definice, požadavky a zkušební metody* (2010).
9. Erb A., Nagalli A., Querne de Carvalho K., Myrmin V., Passig F.H., Mazer W.: *J. Cleaner Prod.* 183, 1314 (2018).
10. ČSN 72 2301. *Sádrová pojiva. Klasifikace. Všeobecné technické požadavky. Zkušební metody*. (1980).
11. Brian B., Hansen B. B., Kiil S., Johnsson J. E.: *Fuel* 90, 2965 (2011).
12. Zhang J., Tan H., He X., Yang W., Deng W., Yang J.: *Constr. Build. Mater.* 228, 116777 (2019).
13. Prošek Z., Tesárek, P.: *Proceeding of EAN 2021 - 59th International Scientific Conference on Experimental Stress Analysis*, str. 193. České vysoké technické v Praze, Praha 2022.

## Optimalizace vlastností sádrových směsí prostřednictvím úprav stavebního sádrokartonového odpadu

**Hana SEKAVOVÁ, Zdeněk PROŠEK, Pavel TESÁREK**

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29  
Praha 6, e-mail: zdenek.prosek@fsv.cvut.cz

### **Souhrn**

V příspěvku jsou prezentované výsledky využití upraveného recyklátu na bázi sádrokartonu ze stavebního a demoličního odpadu, který byl získán z reálné stavby a upravený pomocí vyvinuté linky na recyklaci stavebního sádrokartonu. V rámci výzkumu byl testován vliv úpravy (z pohledu jemnosti mletí) na výsledné vlastnosti suché sádrové směsi, náhrada ve směsi byla 10, 25 a 50 hm. % za sádro (resp. sádrové pojivo). Sledována byla objemová hmotnost, pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku po 7 dnech od vyrobení vzorků a smrštění. Z výsledků je patrné, že při vhodné úpravě, je možné efektivně nahradit část sádrového pojiva v suché sádrové směsi upraveným sádrokartonovým recyklátem.

**Klíčová slova:** recyklace, stavební demoliční odpad, sádra, sádrokarton

# Reducing the carbon footprint of temporary site structures

Štefan KRIŠTOFIČ, Nad'a ANTOŠOVÁ, Peter MAKÝŠ

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering,  
Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovak Republic,  
e-mail: stefan.kristofic@stuba.sk

## Abstract

*The paper focuses on minimizing the carbon footprint associated with temporary buildings on site through the identification and implementation of sustainable measures. Experimental work on two of the sites studied revealed high levels of night-time heating consumption in temporary buildings, highlighting the need for more efficient heating and insulation technologies. The analysis of the consumption showed significant opportunities for energy savings, with critical areas identified that allow for the implementation of improvements in energy management, with a potential positive impact on the overall sustainability of the construction industry.*

**Keywords:** Carbon footprint, energy consumption, temporary buildings, construction traffic.

## Introduction

The construction industry is facing an increasingly urgent challenge in the form of environmental impacts and the need to reduce its carbon footprint<sup>1</sup>. One of the key aspects of this issue is temporary buildings on site, which often consume significant amounts of energy and contribute to high greenhouse gas emissions.

Construction production consumes many inputs that are involved in the realization of the construction work. The incorporation of materials results in the generation of construction waste, which is a significant environmental problem in the construction industry<sup>2</sup>. Many studies have investigated this issue, but the energy required to run construction production also needs to be addressed<sup>3</sup>.

Electricity is required to power the machinery and equipment on site<sup>4</sup>. Furthermore, electricity is converted to create working conditions in the premises for the site personnel. Currently, temporary buildings are mostly powered by electricity, which is needed for lighting, heating, cooling, ventilation and powering all electrical appliances<sup>5</sup>. The analysis of electricity consumption at the surveyed construction sites showed significant opportunities for energy savings. Critical areas where improvements in energy management can be implemented were identified, and these modifications could have a positive impact on the overall sustainability of the construction industry.

An expert perspective on the topic should contribute to forming a better understanding of the impact of temporary buildings on the environmental sustainability of the construction sector. In this way, we consequently open up the debate on the need and possibilities of implementing sustainable approaches in the construction industry and contribute to the creation of innovative solutions with regard to the future of this sector.

## Basic hypothesis

The basic hypothesis of this study is that the implementation of sustainable measures, innovative technologies and efficient energy strategies for temporary site buildings can lead to a significant reduction in the carbon footprint of the construction industry.

It is anticipated that the heating analysis and identification of critical high consumption areas will provide valuable information for the design and implementation of specific measures to minimize the

environmental impacts of temporary structures. Focus on innovative technologies, smart energy management and new practices that can lead to significant emission reductions and energy efficiency improvements.

## Contemporary literature

The dependence of the construction industry on electricity has been investigated in several researches and provides valuable insights into energy consumption and greenhouse gas emissions<sup>6,7</sup>. In particular, the focus is on buildings where non-negligible consumption occurs. In buildings throughout their lifetime, conditions are created that must be met by electricity. For example, the study by Yu Mishin et al. deals with the energy consumption patterns in buildings and provides insights into energy efficiency<sup>8</sup>. However, it already highlights the significant impact of construction on sustainability and explores the impacts in protecting the natural environment through resource and water use<sup>9</sup>.

Research in the United States has identified key barriers to the promotion of sustainable construction and offered practical solutions to overcome the barriers and one of these was electricity consumption<sup>10</sup>. In the context of emissions, it has been argued that even small changes in the operation of temporary structures can have a significant impact on the surrounding environment as well as on long-term behaviour<sup>11</sup>. In the current context, the existing literature reflects on several key aspects, addressing sustainability issues in the construction industry, but quantitative data of the real behaviour of construction offices is not evident.

An analysis of greenhouse gas emissions in construction offices will provide insight and prompt the search for more effective solutions<sup>12</sup>. In the planning of temporary offices and changing rooms, demands are placed on the typological division and the creation of an environment according to the requirements of the planned construction<sup>13</sup>. At the same time, research into new technologies in insulation, energy management and renewable energy present opportunities for energy efficiency improvements. These new practices should gradually make their way into the literatures related to the design of building organization.

## Methodology

The study procedure involves a combination of data collection, the use of statistical methods and the design of optimization measures. Smart metering devices have been installed on site to monitor the electricity consumption of temporary buildings. These devices have the ability to provide detailed and accurate data on electricity consumption, which has enabled a better understanding of energy usage patterns and helps to identify areas of high consumption and potential energy saving opportunities. The data collected from these devices can be analyzed using statistical methods to identify trends, patterns, and correlations in electricity consumption.

The combination of analysis and statistical methods provides a comprehensive understanding of electricity consumption on site. This approach enables evidence-based decision making on energy management and the implementation of energy saving measures.

## Description of the investigated sites

The construction sites that were analyzed by the study are located in the city of Bratislava. In both operations, the support system of the planned building was reinforced concrete and lifting mechanisms were deployed to carry out heavy construction works. Temporary buildings were placed for the site personnel to serve various purposes, including operational, social and sanitary needs<sup>4</sup>.

Each construction site had temporary objects placed in one part of the plot according to the project documentation of the construction organization project. Site "A" had 10 temporary objects, where the central object consisted of 8 containers and 2 containers were placed next to each other. Site "B" had 13 temporary objects, where the central object consisted of 10 containers and 3 were also located in close



proximity. The year of manufacture of the temporary site objects for "A" was 2008 and the age was 15 years, for "B" the year of manufacture was 2016 and the age was 7 years. The average number of workers on site "A" was 23 and on site "B" was 31 during working days.

The wiring at the construction sites was branch-wired, which means that the temporary buildings were powered by a separate branch via a 3pole B 50 A circuit breaker and the site operation also had a separate branch. The site power supply via the 3pole circuit breaker formed the node for consumption metering. The site was designed to capture the consumption of all site facilities. The metering equipment installed met the basic criteria of recording and evaluating electricity consumption at hourly intervals and storing the data on remote storage. The same type of metering equipment was used for each construction site with factory calibrated with 99 % accuracy.

## Data processing

The research started with the processing of data from consumption measurements at selected construction sites for a time period of 365 days from 1 September 2022 to 31 August 2023. The aim was to obtain detailed and accurate information on the amount of energy consumed at temporary buildings and to identify areas of high energy consumption.

**Table 1: Consumption of the study areas**

Month	Site A		Site B	
	Consumption of temporary objects (kWh)	Site operation consumption (kWh)	Consumption of temporary objects (kWh)	Site operation consumption (kWh)
September '22	3,260.0	1,413.0	1,902.0	736,5
October '22	3,984.0	1,931.5	3,511.3	1,088.7
November '22	4,502.1	1,609.0	4,155.1	2,014.0
December '22	4,807.7	1,208.5	6,907.8	3,076.1
January '23	5,307.9	1,208.5	7,231.1	2,217.0
February '23	6,307.5	1,208.5	6,677.0	2,560.9
March '23	4,919.1	1,945.7	6,010.0	1,882.0
April '23	2,323.2	1,360.3	4,310.8	2,125.7
May '23	2,049.1	928.1	2,769.3	1,246.8
June '23	1,062.5	458.9	1,328.0	514.0
July '23	880.6	256.3	1,378.9	535.0
August '23	877.0	768.5	1,245.0	709.2
<b>Total</b>	<b>40,280.7</b>	<b>14,296.8</b>	<b>47,426.3</b>	<b>18,705.9</b>
<b>Total</b>	<b>54,577.5</b>		<b>66,132.2</b>	

Tab. 1 provides a detailed view of the monthly consumption of the two sites. For better orientation and comparison of site consumption, the data are recorded separately for the temporary structures area and the site operations area in the table. Comparing the consumption between sites 'A' and 'B' allows for the identification of differences in the energy behavior of each site.

The results show that temporary facilities represent a significant part of the total energy consumption at both sites, accounting for more than 70 % of the total consumption. Seasonal variations are also observed, with winter months showing an increase in consumption, while summer months show a decrease.

## Identification of critical areas

Based on the data, the energy intensity of the temporary buildings was identified. The analysis showed that site 'A' had a higher consumption per container of 4,028.07 kWh per year than site 'B' with a consumption of 3,648.17 kWh per year, but with a larger number of containers and personnel. The first critical area demonstrated is the age of the temporary building.

Comparing the highest and lowest consumption values creates an important indicator that points to increased energy consumption. This trend is strongest in the winter months when climate conditions are more challenging and heating is needed in work areas. Conversely, in summer, temperatures are higher and there is a decrease in energy consumption. This effect is further accentuated by the long daylight hours, the need for artificial lighting in temporary buildings is not required. Conversely, on days with shorter daylight hours, energy consumption also increases due to the illumination of the premises. The second proven critical area is heating.

## Proposal for optimisation measures

Based on the identification of critical areas, the research established proposals for optimization measures to mitigate the energy intensity of temporary buildings. Prospective opportunities for electricity savings are a key aspect in the quest for more efficient and sustainable use of resources on construction sites.

One of the main prospective savings opportunities is the optimisation of electricity consumption through alternative energy sources. Data has shown that there are specific time periods when electricity consumption in temporary buildings on construction sites is significantly higher during the day than at night. Therefore, it is proposed to implement 5 kWp photovoltaic panels that could be installed on the roof of construction containers for on-site electricity generation. The electricity generation from the PV panels is only during the sunshine hours and the construction production has been carried out during the day time.

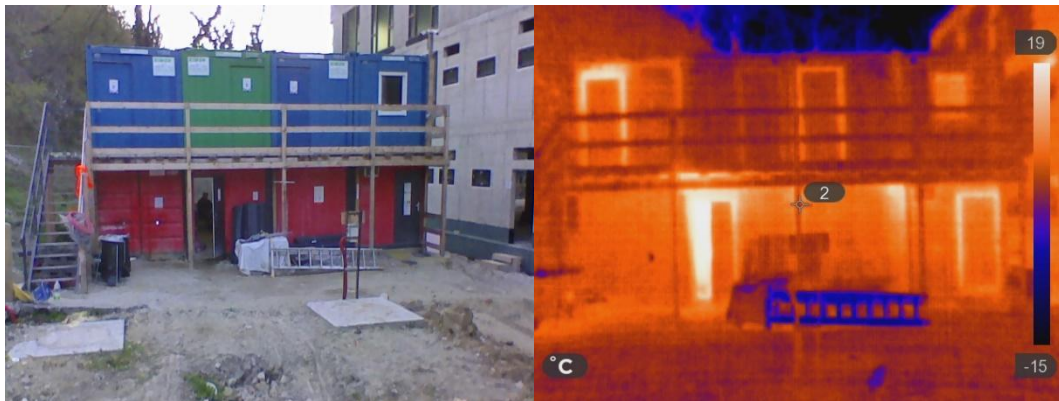
**Table 2: Overview of electricity production and consumption**

Month	Site A		Site B	
	Production (kWh)	Consumption (kWh)	Production (kWh)	Consumption (kWh)
September'22	581.9	3,260.0	581.9	1,902.0
October'22	424.7	3,984.0	424.7	3,511.3
November'22	251.5	4,502.1	251.5	4,155.1
December'22	197.6	4,807.7	197.6	6,907.8
January'23	219.3	5,307.9	219.3	7,231.1
February'23	306.2	6,307.5	306.2	6,677.0
March'23	531.7	4,919.1	531.7	6,010.0
April'23	679.3	2,323.2	679.3	4,310.8
May'23	685.9	2,049.1	685.9	2,769.3
June'23	623.4	1,062.5	692.2	1,328.0
July'23	587.9	880.6	718.69	1,378.9
August'23	521.41	877.0	669.26	1,245.0
<b>Sum</b>	<b>5,610.81</b>	<b>40,280.70</b>	<b>5,958.25</b>	<b>47,426.34</b>
<b>Percentage saving</b>	<b>14 %</b>		<b>13 %</b>	

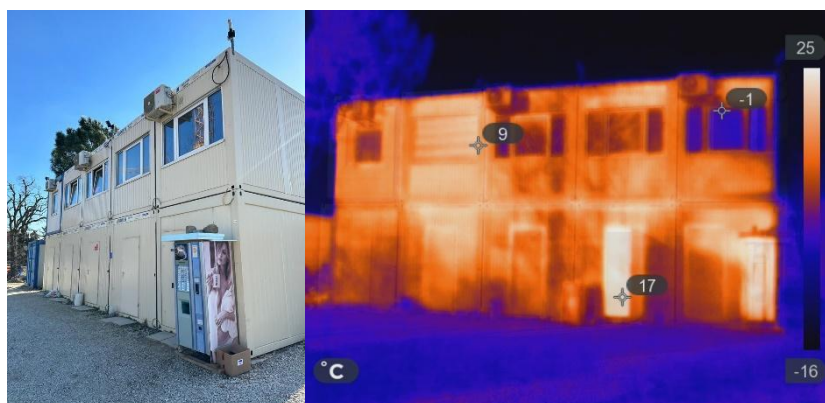
Tab. 2 gives us the production and consumption values in each month. The modeling software program SOLAR PRO was used to simulate the production, in which the possible quantities of optimal electricity production with respect to the consumption of a specific construction site were evaluated. The

program processed the consumption during the eventual production at the investigated site and evaluated the possible electricity savings in a given month. A 5 kWp generating plant would produce more than the consumption during the summer months, but for the specific consumption at the temporary sites, no storage in batteries or sale of electricity to the grid was considered. For the temporary buildings on site 'A' and site 'B' there would be an eventual electricity saving of 14 % and 13 % respectively.

The second optimization solution on the investigated construction sites can be the control of the heating consumption. Electric heaters were used to condition the indoor environment in all temporary buildings.

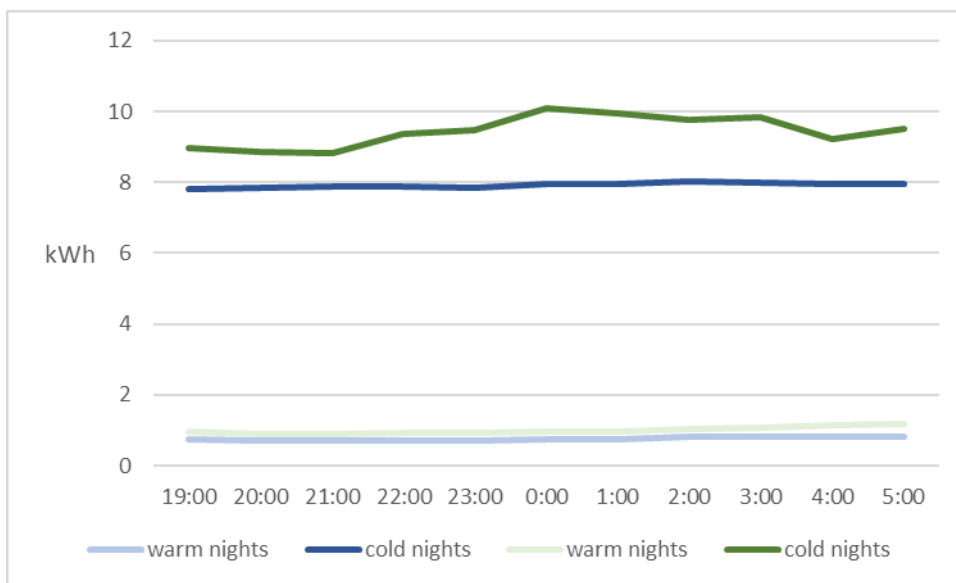


**Figure 1: Thermal assessment of temporary structures on site A**



**Figure 2: Thermal assessment of temporary structures on site B**

In Fig. 1 and 2, the operation of these devices was demonstrated, which caused an increase in consumption. An important piece of information was that the heating of the containers was also during night hours. This effect can be thought of as a waste of energy as no one was on the sites at the time. The staff had the area heated during the night hours as during the day.



**Figure 3: Comparison of consumption trajectories**

Fig. 3 confirms and highlights the difference in averaged consumptions during warm and cold nights. The cool nights show consumption during the nighttime hours of 7:00 p.m. to 5:00 a.m. for the coldest months of December, January, and February. For comparison, values during the summer months of June, July, and August are shown. This difference is mainly due to heating in the temporary buildings, on site 'A' there was an increase over the summer months to a value of 87.04 kWh per night and on site 'B' there was an increase to a value of 103.89 kWh per night.

**Table 3: Optimizing heating during the winter months**

Month	Site A		Site B	
	Heating reduction at night (kW)	Consumption (kW)	Heating reduction at night (kW)	Consumption (kW)
September '22	-	3,260.0	-	1,902.0
October '22	-	3,984.0	-	3,511.3
November '22	-	4,502.1	-	4,155.1
December '22	2,698.1	4,807.7	3,220.7	6,907.8
January '23	2,698.1	5,307.9	3,220.7	7,231.1
February '23	2,437.0	6,307.5	2,909.0	6,677.0
March '23	-	4,919.1	-	6,010.0
April '23	-	2,323.2	-	4,310.8
May '23	-	2,049.1	-	2,769.3
June '23	-	1,062.5	-	1,328.0
July '23	-	880.6	-	1,378.9
August '23	-	877.0	-	1,245.0
<b>Total</b>	<b>7,833.2</b>	<b>40,280.7</b>	<b>9,350.4</b>	<b>47,426.3</b>
<b>Percentage saving</b>		<b>19 %</b>		<b>20 %</b>

Based on Tab. 3, the savings by controlling the heating during the 3 coldest months are quantified. Over a 90 day period, 19 % savings can be achieved by controlling heating during night hours on site 'A' and up to 20 % savings on site 'B'. In order not to reduce the thermal comfort of the workers, it is planned to heat the rooms for an hour before the arrival of the workers.

## Results

The research first shows the high electricity consumption at the surveyed construction sites. For site A a consumption of 54,557.5 kWh was recorded and for site B a consumption of 66,132.2 kWh was recorded, with construction offices accounting for 70 % of the consumption on both sites.

The high energy consumption was also confirmed by the thermal photographs which showed high internal temperature of around 17 °C and high thermal leakage. A key finding was the unnecessary heating during the night when nobody was in the premises.

The research sought to find optimisation practices where consumption could be reduced. Suggested optimization measures include the implementation of photovoltaic panels on the roof of temporary buildings and heating controls. Simulations suggest that these measures could contribute to savings of 13,444.01 kWh at Site A and 15,308.65 kWh at Site B.

## Discussion

The results achieved are significant for the construction industry. The critical areas identified, such as the age of temporary buildings and heating systems, highlight the need for innovative solutions to minimise the carbon footprint. Seasonal fluctuations in energy consumption indicate the importance of adapting energy strategies and creating pressure for more energy efficient containers. Improvements should focus on thermal insulation properties and on more energy efficient appliances.

The implementation of photovoltaic panels and the management of heating consumption appear to be promising measures. Photovoltaic panels could cover time periods with significant electricity consumption, while heating control at night could minimise consumption. Furthermore, on-site generation plants could increase the electricity supply by a storage and use system in the evening.

Several studies examining the emissions of different process operations count only the process itself, not including offices or changing rooms, which are needed for workers.

Discussions need to be opened on legislative measures and incentives that could encourage the implementation of sustainable approaches. The insights provided could shape the approach of policy interventions and regulatory frameworks to create pressure to change the production process in the construction industry. For example, the study by Dalirazar and Sabzi looks at support such as financial incentives, low-interest loans and tax breaks for sustainable buildings. They appear to be effective ways to increase the demand for sustainable buildings and to encourage investors in the market to construct sustainable buildings<sup>14</sup>. However, these incentives need to precede the identification of areas and some research highlights.

## Conclusion

The study highlights the need and opportunities to improve the environmental sustainability of the construction industry by minimizing the carbon footprint of temporary buildings. The critical areas identified present a challenge but also an opportunity for the implementation of innovative measures.

The proposed optimization steps in the form of photovoltaic panels and heating management could contribute to significant energy savings, which would have a positive impact on the overall sustainability of the building industry. The debate on these measures should be continued in order to promote their implementation and stimulate further research on eco-innovation in the building sector. Overall, these adjustments could contribute to positive changes in the sector and to a better integration into the current trend of environmental sustainability.

## Acknowledgements

The article was written with the support of the programme aimed at motivating and supporting the improvement of the quality and efficiency of scientific research activities of young scientists in 2022 under the registration number 1656.

## Literature

1. Limphitakphong, N., Thaipradit, P., Kanchanapiya, P., Tantisattayakul, T., & Chavalparit, O. (2020). Embodied carbon emissions of construction materials: a case study of buildings in thailand. *International Journal of Geomate*, 18(68). <https://doi.org/10.21660/2020.68.9418>
2. Finkbeiner, M. (2009). Carbon footprinting-opportunities and threats. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(2), 91-94. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0064-x>
3. Krantz, J., Larsson, J., Lu, W., & Olofsson, T. (2015). Assessing embodied energy and greenhouse gas emissions in infrastructure projects. *Buildings*, 5(4), 1156 – 1170. <https://doi.org/10.3390/buildings5041156>
4. Schach, R., & Otto, J. (2008). *Baustelleneinrichtung*. Wiesbaden, Germany: Teubner.
5. McKane, A., Desai, D., Matteini, M., Meffert, W., Williams, R. H., & Risser, R. J. (2009). Thinking globally: how iso 50001 - energy management can make industrial energy efficiency standard practice.. <https://doi.org/10.2172/983191>
6. Krantz, J., Larsson, J., Lu, W., & Olofsson, T. (2015). Assessing embodied energy and greenhouse gas emissions in infrastructure projects. *Buildings*, 5(4), 1156 – 1170. <https://doi.org/10.3390/buildings5041156>
7. Liang, L., Hu, X., Tivendale, L., & Liu, C. (2017). The log mean divisia index based carbon productivity in the australian construction industry. *Construction Economics and Building*, 17(3), 68-84. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v17i3.5544>
8. McKane, A., Desai, D., Matteini, M., Meffert, W., Williams, R. H., & Risser, R. J. (2009). Thinking globally: how iso 50001 - energy management can make industrial energy efficiency standard practice.. <https://doi.org/10.2172/983191>
9. Janipha, N. A. I., Shakir, N. H. A., & Baharuddin, H. E. A. (2022). Importance of sustainable construction: construction players' perspective. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1067(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012058>
10. Karji, A., Namian, M., & Tafazzoli, M. (2020). Identifying the key barriers to promote sustainable construction in the united states: a principal component analysis. *Sustainability*, 12(12), 5088. <https://doi.org/10.3390/su12125088>
11. Rosselot, K., Allen, D., & Ku, A. (2022). Methods of modeling construction emissions have large impacts on short-term warming assessments. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(32), 10547 – 10559. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01808>
12. Birgisdottir, H., Moncaster, A., Wiberg, A., Chae, C., Yokoyama, K., Balouktsi, M., ... & Malmqvist, T. (2017). Iea ebc annex 57 'evaluation of embodied energy and co<sub>2</sub>eq for building construction'. *Energy and Buildings*, 154, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.030>
13. *Construction Project Organising*. (2023). United Kingdom: Wiley. ISBN:9781119807179, 1119807174 Number of pages:304
14. Dalirazar, S. and Sabzi, Z. (2022). Barriers to sustainable development: critical social factors influencing the sustainable building development based on swedish experts' perspectives. *Sustainable Development*, 30(6), 1963 – 1974. <https://doi.org/10.1002/sd.2362>

## Znižovanie uhlíkovej stopy dočasných objektov staveniska

Štefan Krištofič, Nad'a Antošová, Peter Makýš

Katedra technológie stavieb, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave

### Abstrakt

Článok sa zameriava na minimalizáciu uhlíkovej stopy spojenej s dočasnými objektmi na stavenisku prostredníctvom identifikácie a implementácie udržateľných opatrení. Experimentálna činnosť na dvoch sledovaných staveniskách odhalila vysokú mieru spotreby na vykurovanie počas noci v dočasných objektoch, zdôrazňujúc potrebu efektívnejších technológií vykurovania a izolácie. Analýza spotreby ukázala na výrazné možnosti úspor energie, pričom identifikované kritické oblasti umožňujú implementáciu zlepšení v riadení spotreby energie, s potenciálnym pozitívnym vplyvom na celkovú udržateľnosť stavebného priemyslu.

**Kľúčové slová:** Uhlíková stopa, spotreba energie, dočasné objekty, stavebná prevádzka

# Agricultural production, sustainable food system and food (non)waste

**Jarmila VIDOVÁ**

University of Economics Bratislava, Department of Economic Policy,  
Dolnozemská cesta 1, 854 01 Bratislava, Slovak Republic,  
e-mail: jarmila.vidova@euba.sk

## Summary

Agriculture is the most important branch of the economy. It is influenced by natural processes, but also by human intervention in nature, especially rapid urbanization. Another factor is globalization, population growth and pressure on the growth of food supply chains. The production of an ever-increasing amount of food to satisfy the basic needs of 8 billion inhabitants had and still has an impact on the intensification of agricultural production. Increased food production has not avoided an increase in the use of pesticides which has had an impact on soil resources, soil biodiversity and in an unplanned way on our diet. The increase in production also ensured better affordability of food. Intensive agriculture exerts significant pressure on the landscape and soil for example in the form of contamination, erosion and compaction caused by heavy agricultural machinery. It accounts for up to six percent of CO<sub>2</sub> emissions in the entire Union. Experts draw attention to the fact that the area of land that is used worldwide to grow unnecessary food is greater than the area of India and Canada. It is necessary to seriously deal with the way crops are grown, their subsequent processing and distribution. There are several opinions on how to deal with this problem. Disruption of supply chains and restriction of transport significantly contributed to the immediate need to change some methods of production and distribution of crops and food. A particularly important topic is the relationship to the soil, food quality, food habits and waste production. Food waste is an ecological and climate product. In the European Union, almost 57 million tons of food is wasted annually, which is 127 kilograms per person. In Slovakia around 860,000 tons of food is thrown away per year, which is approximately 163 kilograms per inhabitant. The European Union is also trying to reduce the volume of food waste by fulfilling goals of the strategy "Farm-to-Fork". The European Commission is revising the waste directive to reduce food waste. In the contribution on the one hand, we focused on agriculture and its impact on the environment and its role in meeting the demand for food, and on the other hand we conducted a survey through a questionnaire. Based on our survey we can conclude that more than half of the respondents are concerned with the impact of the food they buy on the environment, some plan to limit the consumption of meat and meat products, which is a prerequisite for possible changes in consumer behaviour in relation to the environment, primarily to minimize waste with food.

**Keywords:** affordability of food, the environmental footprint, food safety, food waste.

## Introduction

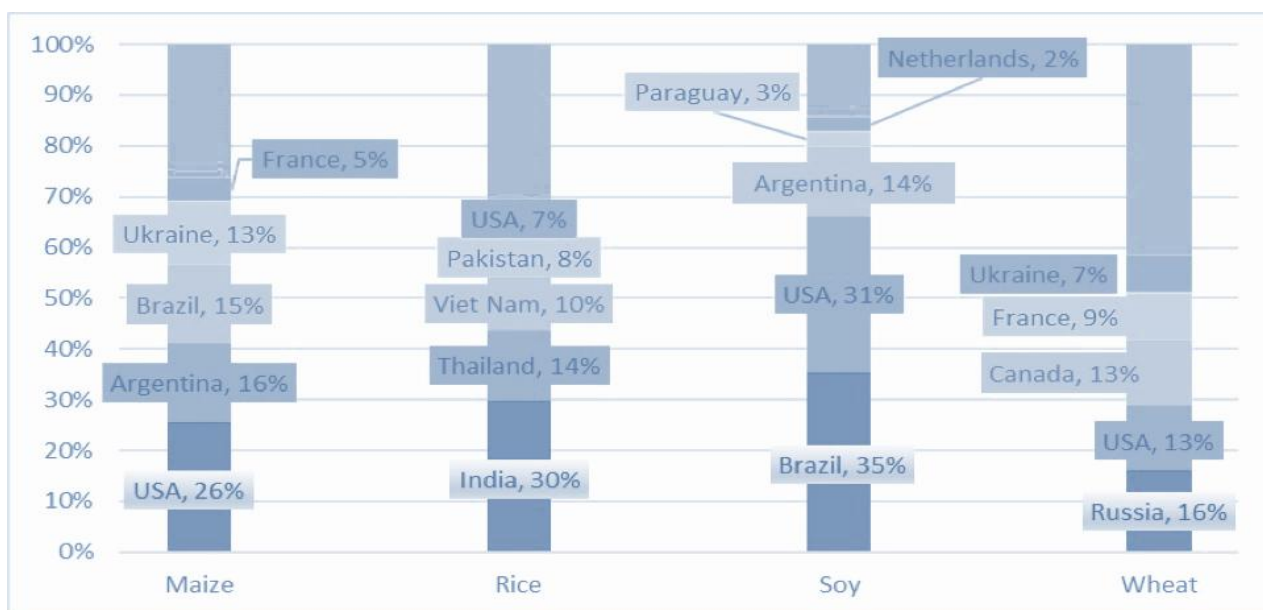
Agriculture together with forestry, aquaculture, food and chemical industry is part of the bioeconomy. The bioeconomy is a part of the economy that uses renewable biological resources to produce food, feed, chemicals, textiles and energy in a sustainable way. The concept of a sustainable bioeconomy is gaining traction on the international political agenda with governments around the world adopting bioeconomy strategies. The main goal of agricultural production in the context of the bioeconomy is to ensure a sufficient amount of high-quality and healthy food in a sustainable way, which is part of the circular economy.

Food is one of the essential goods that satisfy the basic needs of the population. Healthy and high-quality food is a requirement for most consumers. The food system is affected by globalization, which on the one hand affects economic growth, but also poverty and environmental degradation. The agri-food



industry is complex, requires a wide range of processes and operations, but is largely inefficient. It faces challenges to increase productivity, it needs solutions for growers, producers, traders<sup>1</sup>.

In agriculture predicted climate changes will affect crop yields and their geographical distribution, as well as livestock breeding<sup>2</sup>. Due to the increasing intensity of extreme weather fluctuations the risk of crop failure will increase (Bernard, et. al.)<sup>3</sup>. The consequences of climate change will also affect the soil - the amount of organic matter in it will decrease, which is a decisive factor in its fertility (Blanc, Liang et. al.)<sup>4,5</sup>. Food production is increasing significantly to meet the needs of the population in countries where the income of the population is increasing. Food supply chains are coming under great pressure as a result of the conflict in Ukraine. However, future developments would encounter disruptions to global supply chains. Transport is responsible for almost 5% of the total emissions of the food system, so shortening supply chains seems desirable, especially in relation to fruit and vegetables, where refrigerated transport contributes significantly to the carbon footprint (Crippa, et. al.)<sup>6</sup>. However, it is also important to distinguish between shorter food supply chains and more sustainable food supply chains, as they are not necessarily the same. For example, it might be technically possible to produce soybeans in Norway for the Norwegian market using a lot of energy, but the total carbon footprint would be higher than growing soybeans in Brazil or the US, where the energy required is much lower (and more than offsets the impact of transporting soybeans to Norway). Many soft commodities can be produced economically and in sufficient quantities in only a few countries, and replacing these products with alternatives is often difficult. Figure 1 illustrates the extent of this concentration for corn, rice, soybeans and wheat, where the five largest producing countries account for between 58% and 85% of world exports of these commodities.



**Figure 1: Top five producers (percentage of 2020 global exports).**

Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)<sup>7</sup>

A May 2020 survey of 70 respondents by McKinsey found that 93% plan to make their supply chains "more flexible, agile and resilient". A follow-up survey 12 months later found that 92% of respondents had changed the physical footprint of their supply chains and nearly 90% expected to continue some degree of regionalization over the next three years<sup>8</sup>. In addition to increased resilience shorter supply chains are easier to monitor allowing companies more control over sustainability risks such as slave labour, greenhouse gas emissions and biodiversity loss as well as more traditional business risks such as fraud. At the same time the possibility of satisfying the demand for food is limited as the area of land for production is limited the number of inhabitants is increasing. The trend of satisfying needs will have to change both in production and consumption. Continued expansion and intensification will affect resources which will affect the food system. The preservation of ecosystems and the future well-being of

the human population are centrally dependent on the structural transformation of the food system towards a sustainable and resilient state<sup>9</sup>.

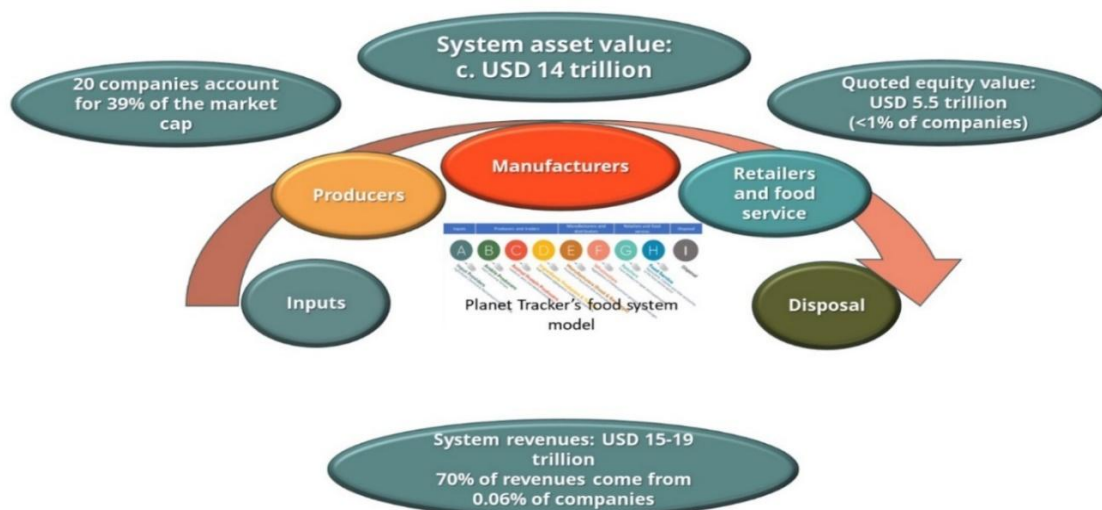
Reducing the environmental footprint of agriculture and food systems and improving the environment and ensuring healthy and affordable food are to be achieved in the countries of the European Union through the "Farm-to-Fork" strategy<sup>10</sup>. The creation of a favourable "food environment" that facilitates the choice of healthy and sustainable eating can have a positive effect on the health, quality of life of consumers, reduce social costs related to health, production and consumption of food<sup>11</sup>. The EU food system is supposed to ensure fresh and safe food for all Europeans. Food safety is measured through three basic dimensions, affordability, physical availability, safety and nutritional value of food. The basis of food security is the soil as it provides 95% of the food we consume. The EU's 2030 Soil Strategy adopted on 17 November 2021 sets out a vision for all soil to be in a healthy state by 2050 and for soil conservation, sustainable use and restoration to become the basic norm<sup>12</sup>. Soil contains more than 25% of the world's biodiversity is the largest terrestrial carbon store on the planet, and plays a key role in the circular economy and adaptation to climate change. However, around 60-70% of EU soil ecosystems are unhealthy and suffering from degradation. It is estimated that land degradation costs the EU approximately 50 billion € per year. Halting and reversing current land degradation trends could bring up to €1.2 trillion annually in economic benefits. However, sustainable land management and its restoration requires the involvement of a wide range of economic and social entities.

## **Agriculture production and sustainable food system**

Global food and agricultural production have increased significantly since the end of World War II due to a combination of population and economic growth along with technological and cultural shifts in production practices. Rapid human population growth coupled with unsustainable patterns of consumption and production has contributed to various forms of environmental degradation including global warming, climate change, deforestation and biodiversity loss. Global wildlife populations fell by two-thirds between 1970 and 2020, while the human population more than doubled. Since 1990, an estimated 420 million hectares of forest have been lost to land conversion, and the area of primary forest has decreased by more than 80 million hectares worldwide. Environmental damage often results from economic processes that lead to a higher standard of living, especially when market prices do not include the full social and environmental costs, such as damage caused by pollution and habitat destruction<sup>7</sup>.

The Green Revolution played a significant role in the introduction of intensive agricultural production methods throughout the world and the formation of governing philosophies in common agricultural practice. Global yields have increased steadily since the 1950s so more food is now produced per person than ever before. Although widely acknowledged to have helped avert the expected widespread food shortages of the post-World War II era, the intensification practices brought about by the Green Revolution have also been criticized for causing ecological degradation, unsustainable resource consumption and entrenching dependence on non-renewable resources such as fossil fuels. Intensification, consolidation and specialization are some of the broad behavioural trends inherent in the food system. The system as a whole is dominated by intensive practices, and a small number of actors in production, processing and retail control the majority of the food system and strongly influence policy-making. Stronger states widely abuse loopholes in trade agreements leading to unfair economic competition for developing countries ultimately producing dependency and undermining local food security<sup>10</sup>.

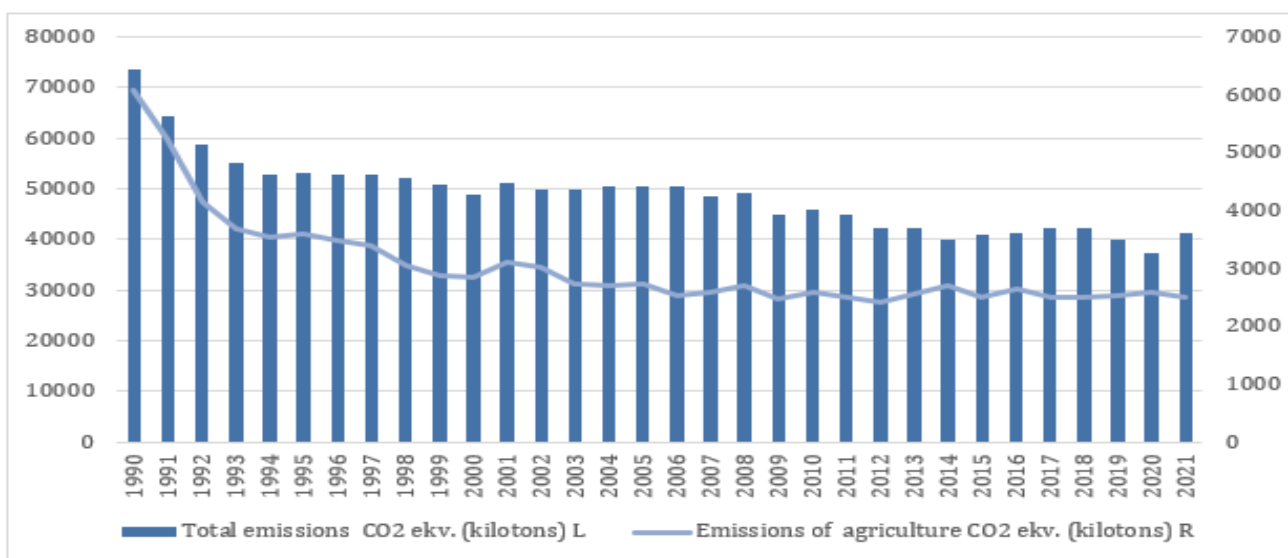
Based on Planet Tracker's analysis the assets of 400,000 companies connected to the food system were estimated and the revenues they would produce related to food system activities (estimated revenues in the range of 15 to 19 trillion USD - about 20% of global GDP). Lowder et al.<sup>13</sup> estimate that there are around 510 million smallholder farmers.



**Figure 2: The value of the global food system**

Source: Planet Tracker<sup>14</sup>.

A sustainable food system is essential to achieving climate and environmental goals<sup>15, 16</sup>. It can help protect Europe's nature and biodiversity as the Farm-to-Fork strategy is also aligned with the EU Biodiversity Strategy until 2030, as biodiversity is of fundamental importance for food security and people's well-being<sup>10</sup>. The goal is to protect nature, reverse the degradation of ecosystems and reduce emissions in all areas. This also applies to agricultural production. In every activity related to food production greenhouse gases are released into the atmosphere. Agricultural activities primarily release a large amount of two very effective greenhouse gases – methane and nitrous oxide (Smatana, - Macák)<sup>17</sup>. In Slovakia agriculture accounts for a smaller share of emissions than in the EU. While in Slovakia the sector is responsible for 7% of total emissions in the Union it is 11%.

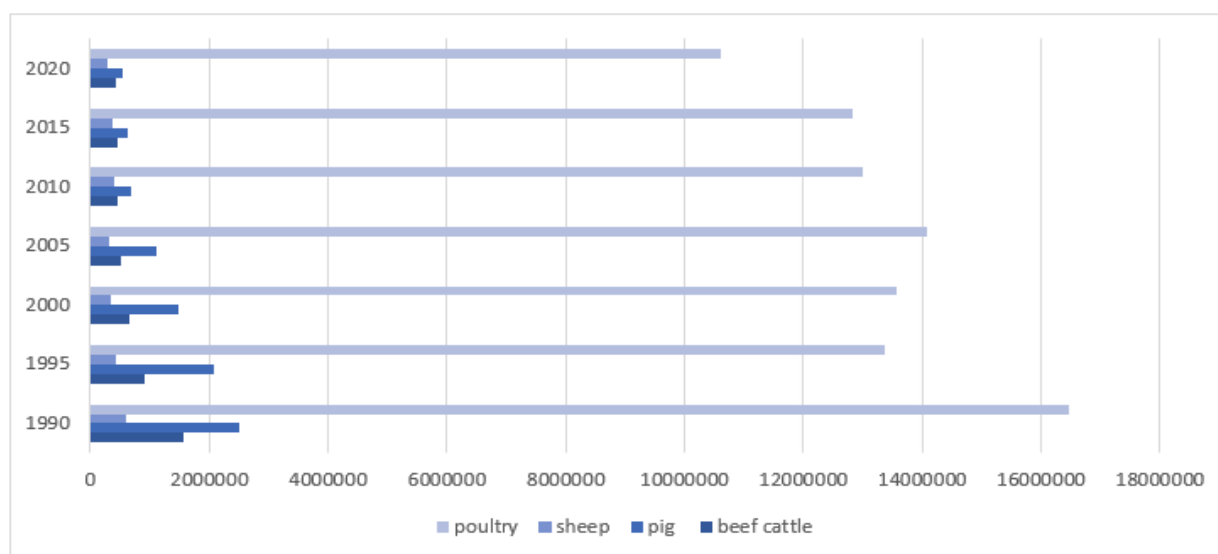


**Figure 3: Total emissions and emissions from agriculture in the Slovak Republic**

Source: own processing

Greenhouse gas emissions in Slovak agriculture have fallen by 59% since 1990. The main reason is, above all, the decrease in livestock numbers. They have been at a stable level since 2005. Greenhouse gas emissions from agriculture are to be reduced by 10% by 2030. This is the goal prescribed for the agricultural sector in Slovakia by the Ministry of the Environment in the draft climate law.

European Commission wants to reduce meat consumption in the "Farm-to-Fork" strategy. According to it, the food system of the Union will be sustainable in the long term only if the consumption of meat is reduced. Workers from the National Agricultural and Food Centre and the Slovak Hydrometeorological Institute investigated the entire carbon balance of cow breeding, including the cultivation of fodder, during which carbon from the atmosphere enters the soil through photosynthesis. The result of their calculations is that after taking into account the carbon stored the carbon production of the average cow is even negative. The carbon footprint of a cow with a live weight of 602 kg and a milk yield of 10,400 l is 8,832.65 kg CO<sub>2</sub>eq. per year, on the other hand, the plants that must be grown for such a cow consume 9,289.34 kg of carbon dioxide during photosynthesis. This means that the plants needed for the cow's nutrition consume 465 kg of CO<sub>2</sub> more from the air than the CO<sub>2</sub>eq production of this cow per year. From the above it follows that the balance of the carbon cycle is preserved when raising cows, and it is not entirely correct to claim that cows are a contributor to global warming<sup>18</sup>.



**Figure 4: Development of aggregated animal numbers in the Slovak Republic**

Source: own processing<sup>19</sup>

Meat consumption can also be gradually reduced thanks to "new foods". New foods and their consumption are in line with the aforementioned "Farm-to-Fork" strategy. The strategy recommends research into alternative proteins, including insect proteins and meat alternatives, to help the food sector mitigate and adapt to climate change, preserve biodiversity and secure food in a healthy and fair way. It has framework programs to achieve the goals of the European Green Deal including the "Farm-to-Fork" strategy<sup>20</sup>. One was Horizon 2020, which had 1 billion € available for cellular meat research in the European Union. In the period 2021-2027 this research is financed by the Horizon Europe program within the mission area "Healthy food and a healthy environment". From Horizon Europe around €9 billion has been allocated to support research and innovation in the areas of "food, bioeconomy, natural resources, agriculture and the environment", with one third of this budget allocated specifically to agriculture. €2 billion is already planned for various challenges in the years 2023-2024. Additional funds are also earmarked for research projects developing pilot vaccines against African swine fever, which has significantly affected the sector. The Commission also generally supports cross-sectoral cooperation and the involvement of farmers, advisors and other actors in research projects, in particular through the Agricultural Knowledge and Innovation System (AKIS).

Paradoxically the European Commission in the strategy "Farm-to-Fork" talks about the need to reduce meat consumption in the EU. Between 2016 and 2020, however, it paid out almost €220 million to promote the consumption of meat and dairy products<sup>21</sup>.

## Global food production and food waste

Due to increases in population wealth and urbanization, the world has seen an overall increase in food demand coupled with a shift in dietary preferences towards more resource-intensive foods. Although a sufficient amount of food is already being produced, by 2050 food production will need to be increased by more than 60%. As businesses strive to produce agricultural crops and food for sustenance, the big problem is that according to the Food Waste Index Report 2021, one-third of food is wasted worldwide, which is more than 931 million tons of food costing the global economy nearly €900 billion. Of this, around 30% of all cereals, 20% of dairy products, 45% of vegetables and fruits, 20% of oil seeds and legumes, 35% of fish and seafood, 45% of root vegetables and tubers and 20% of meat are thrown away. Food waste is generated at every stage of the production and supply chain, from initial agricultural production to final consumption in households. It is estimated that approximately 14% is lost between harvest and the retail market, and 17% of food is wasted at the retail and consumer level (UNEP, 2021)<sup>22</sup>. Food waste has far-reaching effects both nationally and globally. In the US, up to 40% of all food produced is not eaten and about 95% of wasted food ends up in landfills. It is the largest component of municipal solid waste with 21%. The food we don't eat produces up to 10% of global carbon emissions at retail and in homes. according to the UN, if food loss and food waste were a separate country, it would be the third largest producer of greenhouse gases in the world after the US and China. When we waste food, we also waste the resources needed to produce it, such as land, water and energy<sup>22,23</sup>. Wasting food is morally wrong also because the amount that is currently wasted would be enough to feed twice the number of malnourished people in the world.

The main causes of waste include overproduction, harvest losses, poor crop storage, improper transportation, packaging errors, high aesthetic standards for fruits and vegetables, buying too much stock, disproportionately large portions in catering establishments, poor consumer habits, improper storage food by households. Food waste is also a direct financial loss for producers, traders and consumers. In the total bill for the production of food that is never eaten, the costs associated with land acquisition and erosion, loss of biodiversity, air pollution, water degradation, loss of dwellings, health damage and compensation for these losses must also be added. In developing countries food is wasted at harvest time. Poor storage facilities on farms lead to pest and mould infestations that destroy crops. Lack of access to technology and markets means that many farmers are forced to watch their crops rot in the fields, as the labour and financial investment needed to harvest them is often unavailable. In rich countries the purchase itself is basically the beginning of food waste. According to van Geffen et al., 2020<sup>24</sup>, food waste is related to the neglect of shopping planning, the place of purchase, the way food is stored and the way food is prepared for consumption. Because households do not plan what meals they will prepare, they buy uncontrollably, when they also buy food that they do not need to consume. Uncontrolled quantities are also purchased due to sales promotions in stores. Some consumers are not aware of expiration dates, store food inappropriately or to try new foods and try foods they do not know and experiment with them. New untried foods may not be tasty and become waste. Food waste occurs during food preparation in the kitchen, when a large amount of food is prepared that is not consumed and perishes in refrigerators or kitchen cabinets.

In the countries of the European Union about 20% of produced food goes to waste, but about 33 million people cannot afford quality food, and food aid is a necessity for part of the population. According to the portal Free - food, in the countries of the European Union, primary production is responsible for approximately 11% of food waste, production and processing 19%, distribution 5%, restaurants 12% and consumers up to 53%, which is about 70 kilograms per inhabitant<sup>25,26</sup>. Part of the food waste is a consequence of legislation that is often introduced to protect human health. An example is the way some meat and dairy products are handled. All such products had to be disposed of at the end of the sales period.

## Results and discussions

Already in 2011 the European Commission in its plan to create a Europe that uses resources efficiently pointed out the fact that waste is produced in the food industry. The fact that people produce significant amounts of food but do not eat it has major negative impacts: environmental, social and economic. Estimates suggest that 8-10% of global greenhouse gas emissions are related to food that is not consumed. Reducing food waste at the retail, food service and household levels can provide multi-faceted benefits for people and the planet. However, the true extent of food waste and its impacts have not yet been well understood. The opportunities offered by reducing food waste have remained largely unexploited and underutilized. If we want to get serious about fighting food waste, we need to increase efforts to measure food waste and inedible parts at the retail and consumer levels, and track the production of food waste in kilograms per capita at the country level. Only with reliable data will we be able to track progress towards Sustainable Development Goal (SDG) 12.3, which aims to halve global food waste per capita at the retail and consumer levels and reduce food losses in production and supply chains, including post-harvest losses.

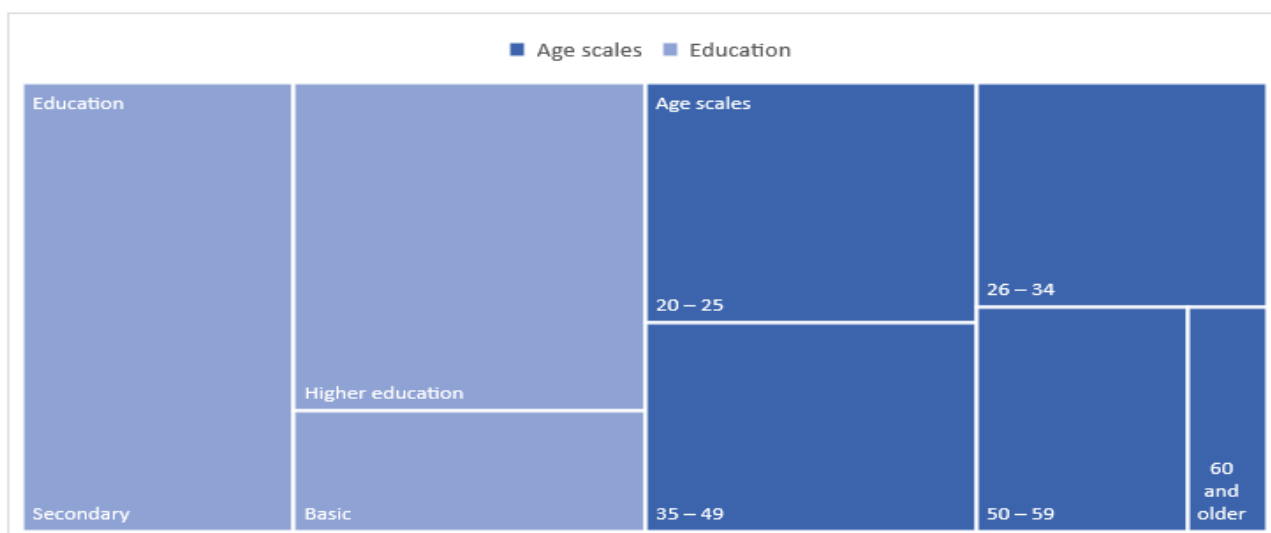
Based on Eurostat data, the most food waste occurs in Cyprus (397 kg/person). In Denmark food waste is 221 kg per inhabitant, in Greece 191 kg per inhabitant, in Portugal 184 kg per inhabitant. The least amount of food waste per inhabitant is in Slovenia (68 kg) and Croatia (71 kg). In Slovakia, there is 83 kg of food waste per inhabitant. Of this households produced up to 78%, i.e. 65 kg per inhabitant, of which 22% (18 kg/inhabitant) was food waste generated in primary production (16%), in the food industry (1%), in retail or distribution (4%) and in catering facilities (1%)<sup>27</sup>.

### The (im)possibility of changing behaviour in food handling in the Slovak Republic

As we have already stated, in Slovakia, as well as in other countries, food waste is mainly generated in households. For the purposes of our article we conducted a survey with the aim of finding out the attitude of Slovak consumers towards food, how they shop, whether they keep in mind the environmental impact of the food they buy on the environment, what kind of food they buy and consume. The research question was whether the respondents take into account the impact of the food purchase on the environment when purchasing food. We established research questions. Q1: Does the quality of food influence at least half of the respondents when buying? Q2: When choosing food, do the respondents also monitor the impact on the environment? Q3: Do the respondents buy food of Slovak origin?

We conducted the survey through an anonymous questionnaire. Respondents filled out the questionnaire from February 12, 2023 to February 28, 2023. 250 respondents were contacted, 235 questionnaires were returned. The success rate of the survey was 94%. Out of the total number 72% (169) women and 28% (66) men took part in the questionnaire survey of which 28.4% (67) respondents were in the age range of 20-25 years, and 23.4% (55) respondents in the age range of 26-34 years, in the age range of 35-49 years 24.7% (58) of respondents, in the age range of 50-59 years 17% (40) of respondents and in the age range of 60 and over 6.5% (15) of respondents. The educational structure was diverse, the most respondents were 43.6% (102) with secondary education, 41.2% (97) with university education and 15.2% (36) with basic education. Based on the regional analysis, the majority of respondents participated in the survey from the region of Košice (17.9%), Trenčín (15.7%), Bratislava (14.8%), Banská Bystrica (12.5%). (Figure 5).

Part of the survey included qualitative and quantitative questions related to respondents' shopping habits, monthly food costs, and questions about how respondents deal with food that they do not consume. The respondents' answers to the question: "How often do you buy foods?" showed that 38.5% buy foods three times a week, twice a week 28.3% of respondents, once 16.5% of respondents and once every 2 weeks 16.7% of respondents. When asked whether respondents consider the quality of food when purchasing, for 69.5% of respondents the quality of food is important, for 29.4% of respondents due to their income, the quality of food only occasionally influences their purchase and 1.1% of respondents do not consider the quality of food when purchasing. Based on the answers, we can conclude that more than half of the respondents consider the quality of food when buying food (Q1).



**Figure 5: Socio-economic characteristics of respondents (%)**

Source: own processing

To the question "What is the average monthly expenditure on food?" of the total number of respondents 2.6% answered that they spend €350 or more on food, 14.6% answered that they spend €300 to €349 or more on food per month, 46.8% of respondents have monthly food costs in the range from €250 to €299, 25.6% of respondents have monthly food costs in the range from €200 to €249 and 10.4% up to €199. By further analysing the answers of the respondents we found that the country of origin also influences the respondents when buying food. Out of the total number up to 79.6% of respondents follow the country of origin, the others do not focus on this fact. As for the preference to buy Slovak food we found out from the answers that 96.4% of the respondents buy Slovak food and we got a positive answer to the research question Q3 and the respondents buy food of Slovak origin. Through the following analysis of the answers, we get a positive answer to the research question Q2: Do the respondents also monitor the impact on the environment when choosing food? 53.6% of respondents said that when buying food, they are interested in whether the food has an impact on the environment, 26.7% of respondents only sometimes think about the impact of the purchased food on the environment and 19.7% of respondents are not interested in the impact of food on the environment.

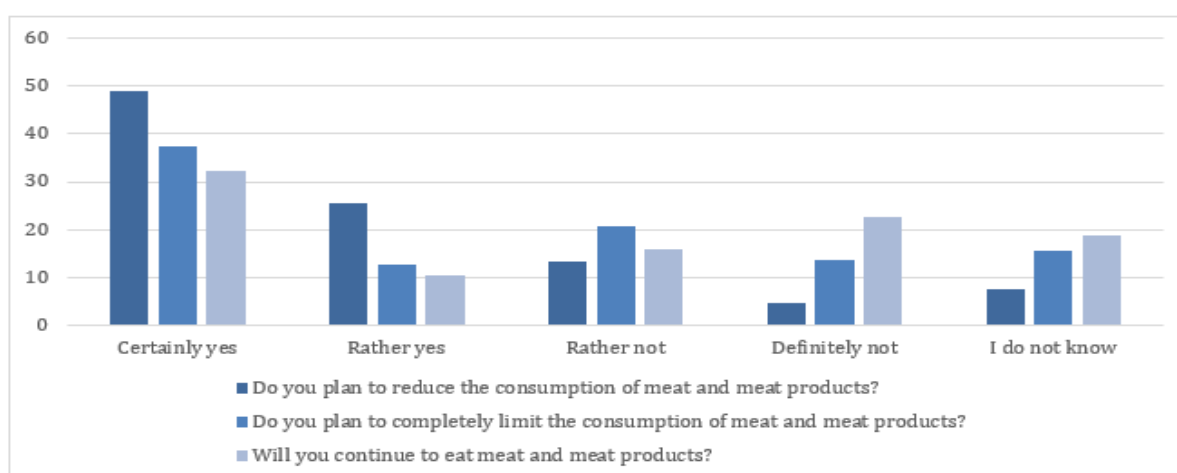
On the basis of the obtained data on the frequency of food shopping, we looked in more detail at the frequency of food shopping by the group of women and the group of men. We formulated the null hypothesis H0: There is no statistically significant association between gender and frequency of food shopping. At the same time, we formulated an alternative hypothesis H1: There is a statistically significant connection between gender and the frequency of food shopping. Based on the contingency table for observed (O) and expected (E) abundances, we tested the hypotheses at the alpha 0.05 significance level. Since the table value of Chi-square was smaller (7.81) than the calculated value, we reject the hypothesis H0 and accept H1. We can state that in our research sample there is a relationship with a moderately strong dependence (0.38) between the variables gender and shopping frequency.

We also addressed the consumption of meat in the previous parts of the post, we asked the respondents how often they consume meat. The question is related to the possibilities of changing the eating habits of consumers, as the goal is to reduce the consumption of animal products and replace them with a plant-based diet. We asked respondents how often they consume meat. The answers showed that 2.9% of respondents consume meat more than five times a week, 13.5% of respondents consume meat three times a week, 48.7% of respondents consume meat twice or less, and 34.9% of respondents do not consume meat. Respondents had the opportunity to state the reasons for consuming meat. As for the reasons why they consume meat they stated that a plant-based diet is not very nutritious for them, they have domestic livestock, they are used to consuming meat and meat products, and they cannot imagine another way of providing protein. To the question: "Are the respondents

interested in the quality of life of the animals from which the meat comes?" up to 91.2% of the respondents are interested in the methods of animal husbandry. Respondents who consume meat had the opportunity to answer the question Do you plan to reduce or completely limit the consumption of meat and meat products? 48.9% of respondents definitely want to reduce the consumption of meat and meat products, 25.6% want to limit the consumption of meat and meat products, and 32.4% of respondents do not plan to reduce or limit the consumption of meat and meat products.

**Table 1: Respondents' shopping frequency, attitude towards food quality and the environment**

I buy food	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency (%)	Cumulative relative frequency (%)
once/week	39	39	16.5	16.5
twice/week	66	105	28.3	44.8
three times/week	90	195	38.5	83.3
once/2 weeks	40	235	16.7	100.0
I take the quality of food into account when buying	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency (%)	Cumulative relative frequency (%)
I take into account the quality of food rather	163	163	69.5	69.5
I do not take into account due to income	69	232	29.4	98.9
I do not consider the quality of food	3	235	1.1	100.0
Impact on the environment	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency (%)	Cumulative relative frequency (%)
I'm interested in	126	126	53.6	53.6
rather yes	63	189	26.7	80.3
not	46	235	19.7	100.0



**Figure 6: Change in consumer behaviour in relation to the consumption of meat and meat products (%)**

Source: own processing



We also asked respondents whether they produce food waste. Up to 91.5% of respondents answered positively. At the same time, they had the opportunity to state why they do not consume the foods they buy and which are the most common. Respondents stated that a large part of unconsumed food is bread and bakery products, vegetables and fruits, as they are perishable. They also gave a reason, which is the fact that they buy more than they consume at stock prices. In this context, we asked how the respondents deal with food that they do not consume. Respondents who live in cities said that they use containers for food waste (89.8%), the rest place food waste in municipal waste containers. Respondents living in rural areas put food waste in composters and use it for raising pets.

Based on the conducted survey, in its conclusion, we can state that most respondents look at their quality when buying food and are also interested in their impact on the environment. It is a potential for supporting the consumption of products of domestic and regional production with a subsequent positive effect for other sectors of the Slovak economy. As for changing eating habits, the majority of respondents want to limit the consumption of meat and meat products, but there are also those who do not plan to do so. An important finding is the fact that we waste food even though Slovak households spend 20.5% of their income on food, which is one of the highest shares among EU countries. In order to reduce food waste it is necessary to start from the consumer's side. Purchasing management can be the first step. Shopping planning is a way for consumers to avoid buying excessive amounts of food. Another possibility is to correctly estimate the amount of food to be prepared for direct consumption at home and to learn how to properly store food. Although these are small steps, they will help to reduce food waste and reduce CO<sub>2</sub> production on a global scale. Since food waste is the fifth largest producer of emissions in the EU, the European Commission has proposed a revision of the waste directive, which includes a binding target for reducing food waste. The states of the European Union will be obliged by law to reduce the total food waste in shops, restaurants and households by 30 percent per inhabitant by the end of 2030. The starting year for the measurement will be 2020. In order to fulfill it, the average Slovak household would have to reduce its annual food production within seven years waste by 20 kilograms.

## Conclusion

In the article, we tried to point out the effects of economic development, which were accompanied by undesirable effects in the form of a degraded environment. We focused on agriculture as a sector that, together with other sectors of the food industry, transport, trade, ensures livelihood for the inhabitants. Recently, in connection with the increase in the number of the population and the need to feed the population, increased attention has been paid to the processes of loading and using food, food losses and food waste. Food waste presents several specific challenges and opportunities for people to prevent the continuous deterioration of the environment and improve people's health, as food that is not consumed or otherwise used ends up as waste. Food losses and food waste produce a relatively high volume of greenhouse gases created by humans, which have a negative effect on living conditions on Earth. It is estimated that the amount of emissions caused by food loss and waste is increasing. It can contribute to their elimination by applying sustainable agricultural productivity and minimizing its impact on biodiversity, soil, food losses and their waste. This is possible, for example, by shifting to a healthier diet through a sustainable food system<sup>28,29,30</sup>. A sustainable food system is a type of food system whose goal is to provide healthy food for people and create a sustainable environmental and economic environment, primarily on regional level. Reducing food loss and waste is a significant lever for wider improvements in our food systems towards improving food safety, quality and sustainability and increasing farm efficiency.

## Acknowledgment

*The contribution is the output of the VEGA research grant no. 1/0226/23 "Socio-economic challenges and opportunities related to aging policy to ensure sustainable economic growth and innovation".*

## References

1. Bačiuline, B., Navickas, V.: Artificial intelligence in the agri-food industry. *Sociálno-ekonomická revue*. 2/2022. ISSN 2585-9358.
2. Smatana, J., Macák, M.: Poľnohospodárstvo a klimatické zmeny. Available on: <https://www.agroporadenstvo.sk/zmena-klimy?article=2747>. (Accessed March 21, 2023).
3. Bernard, B., Song, Y., Narcisse, M., Hena, S., Wang, X.: A nonparametric analysis of climate change nexus on agricultural productivity in Africa: Implications on food security. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2023, 38, E9. doi:10.1017/S1742170522000424.
4. Blanc, É.: The impact of climate change on crop production in Sub-Saharan Africa. *Policy* 2014 –2015.
5. Liang, XZ. et. al.: Determining climate effects on US total agricultural productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114, 2017, E2285 – E2292.
6. Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al.: Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*. 2021.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017.: The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome.
8. Littmann, A. How to Make Supply Chains Resilient. 2022. Available on: <https://www.chemanager-online.com/en/news/how-make-supply-chains-resilient> (accessed February 15, 2023).
9. Olshanska, O., Bebko, S., Budiakova, O.: Solving the food crisis in the context of developing the bioeconomy of the agro-industrial complex of Ukraine. *Economics, Finance and Management Review*, 2020, (4), 18 – 32. Available on: <https://doi.org/10.36690/2674-5208-2022-4-18>.
10. Strategy Farm-to-fork. <https://www.consilium.europa.eu/sk/policies/from-farm-to-fork/>. (Accessed March 19, 2023).
11. Európska zelená dohoda.: Available on: Európska zelená dohoda (minzp.sk), (accessed April 16, 2023).
12. Soil strategy for 2030.: [https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_en)
13. Lowder S. K. et al.: 'Which farms feed the world and has farmland become more concentrated?', *World Development*, Vol. 142, June 2021.
14. Planet Tracker. Available on: <https://planet-tracker.org/> (accessed April 19, 2023).
15. Oznámenie Komisie Európskemu parlamentu, Rade, Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a výboru regiónov. Stratégia „z farmy na stôl“ v záujme spravodlivého, zdravého potravinového systému šetrného k životnému prostrediu. Európska komisia. 20. 5. 2020. Brusel. s. 2-4. Available on: <resource.html> (europa.eu), (accessed February 21, 2023).
16. Crenna, E., Sinkko, T., Sala, S.: Biodiversity impacts due to food consumption in Europe. *J Clean Prod*, 2019, 227:378–391. Available on: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.054>. (Accessed February 15, 2023).
17. Smatana, J., Macák, M.: Adaptácia na zmenu klímy v poľnohospodárstve EÚ a SR. 2022. Available on: <https://www.agroporadenstvo.sk/zmena-klimy?article=2749>. (Accessed March 18, 2023)
18. Brestenský, V., Palkovičová, Z., Pastierik, O., Tonhauzer, K.: Sú kravy zodpovedné za globálne otepľovanie? 2022. Available on: <https://agroporadenstvo.sk/index.php?pl=112&article=2630>. (Accessed March 18, 2023)
19. Drapáková, D., Koreň, M.: Koľko emisií tvorí slovenské poľnohospodárstvo. EURACTIV.sk.. 20. 2. 2022. Available on: <https://euractiv.sk/section/ekonomika-a-euro/infographic/kolko-emisii-tvori-slovenske-polnohospodarstvo/> (Accessed February 28, 2023).
20. Nariadenie EP a Rady č. 2015/2283 o nových potravinách.
21. Mimovladky-ziadaju-komisiu-aby-prestala-dotovat-kampane-na-konzumaci-u-masa. Available on: <https://euractiv.sk/section/ekonomika-a-euro/news/mimovladky-ziadaju-komisiu-aby-prestala-dotovat-kampane-na-konzumaci-u-masa/>. (Accessed May 18, 2023)
22. UNEP Food Waste Index Report. 2021. Available on: <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>. (Accessed May 18, 2023)

23. Food loss and waste. Available on: <https://www.fao.org/nutrition/capacity-development/food-loss-and-waste/en/>. (accessed February 15, 2023).
24. van Geffen, L., E. van Herpen, H., van Trijp, H.: Household Food Waste—How to Avoid It? *An Integrative Review*." In: Närvänen, E., N. Mesiranta, Mattila, M., Heikkinen, A.: Food Waste Management: Solving the Wicked Problem, edited by, 27 – 55. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 2020.
25. OZ Free Food: Plytvanie v číslach. 2021. Available on: [www.free-food.sk/problem/ake-su-statistiky/](http://www.free-food.sk/problem/ake-su-statistiky/). (Accessed February 15, 2023).
26. Bošková, I., Kormaňaková, M.: Retail Chains Under the Food Waste Spotlight: the Case Study Of the Czech Republic. *Waste forum*, 2022, 1: 26 – 36. Available on: [http://www.wasteforum.cz/cisla/WF\\_1\\_2022\\_p26.pdf](http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_1_2022_p26.pdf). (Accessed February 17, 2023).
27. Prvé celoeurópske monitorovanie potravinového odpadu. Available on: <https://ekorestart.sk/prve-celoeurupske-monitorovanie-potravinoveho-ako-dopadlo-slovensko/>. (Accessed February 21, 2023).
28. Giudice, F., Caferra, R., Morone, P.: COVID-19, the Food System and the Circular Economy: Challenges and Opportunities. *Sustainability*, 2020, 12: 7939. Available on: <https://doi.org/10.3390/su12197939>. (Accessed May 10, 2023)
29. El Bilali, H.: Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps. *J. Clean. Prod.* 2019, 221: 353 – 364.
30. SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies). A Sustainable Food System for the European Union; SAPEA: Berlin, Germany, 2020.

## Poľnohospodárska výroba, udržateľný potravinový systém a (ne)plytvanie potravinami

**Jarmila VIDOVÁ**

Ekonomická univerzita v Bratislave, Dolnozemska cesta 1, 854 01 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: jarmila.vidova@euba.sk

### Súhrn

Poľnohospodárstvo je najdôležitejšie odvetvie ekonomiky. Je ovplyvňované prírodnými procesmi, no aj zásahmi človeka do prírody najmä rapídnu urbanizáciou. Iným faktorom je globalizácia, nárast počtu obyvateľov a tlak na rast potravinových dodávateľských reťazcov. Produkcia stále väčšieho množstva potravín pre uspokojenie základnej potreby 8 mld. obyvateľov, malo a má stále vplyv na zintenzívňovanie poľnohospodárskej produkcie. Zvýšená produkcia potravín sa nevyhla nárastu používania pesticídov, čo malo vplyv na pôdne zdroje, pôdnu biodiverzitu a neplánovaným spôsobom aj na našu stravu. Nárast produkcie zároveň zabezpečil lepšiu cenovú dostupnosť potravín. Intenzívne poľnohospodárstvo vyvíja na krajinu a pôdu výrazný tlak napríklad v podobe kontaminácie, erózie a zhutňovania zapríčineného ťažkými poľnohospodárskymi strojmi. V celej Únii tvorí až šesť percent emisií CO<sub>2</sub>. Odborníci upozorňujú na fakt, že rozloha pôdy, ktorá sa využíva na celom svete na pestovanie zbytočných potravín je väčšia ako rozloha Indie a Kanady. Je nevyhnutné vážne sa zaoberať spôsobom pestovania plodín, ich následným so spracovaním a distribúciou. Existuje viacero názorov na to, ako sa s týmto problémom vysporiadať. Narušenie dodávateľských reťazcov obmedzenie dopravy, výrazne prispelo k okamžitej potrebe zmeniť niektoré spôsoby výroby, distribúciu plodín a potravín. Zvlášť dôležitou témou je vzťah k pôde, kvalita potravín, potravinové návyky ako aj produkcia odpadu. Potravinový odpad je ekologickým, ale aj klimatickým výrobkom. V Európskej Únii sa ročne vyhodí takmer 57 miliónov ton potravín, čo predstavuje 127 kilogramov na osobu. Na Slovensku sa za rok vyhodí okolo 860 tisíc ton potravín, čo je približne 163 kilogramov na obyvateľa. Európska únia sa snaží znížiť objem potravinového odpadu aj plnením cieľov stratégie Z farmy na stôl. Európska komisia reviduje odpadovú smernicu na zníženie potravinového odpadu. V príspevku sme sa na jednej strane sústredili na poľnohospodárstvo a jeho vplyv na životné prostredie, jeho úlohu v uspokojovaní dopytu po potravinách a na druhej strane sme realizovali prieskum prostredníctvom dotazníka. Práve na základe nášho prieskumu môžeme konštatovať, že viac ako polovica respondentov sa zaoberá vplyvom kupovaných potravín pôvodom na životné prostredie, niektorí plánujú obmedziť konzumáciu masa a mäsových výrobkov. Problémom je skutočnosť, že až 91,5 % opýtaných respondentov produkuje potravinový odpad. Veľkú časť neskonsumovaných potravín (predovšetkým chlieb a pekárenské výrobky, zelenina a ovocie) nakupujú za akciové ceny, kedy nakúpia viac ako spotrebujú. Predpokladom možných zmien vo vzťahu k životnému prostrediu a plytvaniu s potravinami je zmena v spotrebiteľskom správaní a predovšetkým správne nastavenie manažmentu nakupovania potravín. Zníženie strát potravín a odpadu je významnou pákou pre širšie zlepšenia v našich potravinových systémoch smerom k zlepšeniu potravinovej bezpečnosti, kvality a udržateľnosti a zvyšovaniu efektivity fariem.

**Kľúčové slová:** Cenová dostupnosť potravín, environmentálna stopa, bezpečnosť potravín, plytvanie potravinami,

## Udržitelné školní stravování: aplikace cirkulárních principů v českých školních jídelnách (průzkum 2023)

**Matěj LUKSCH a Hana DOLEŽALOVÁ**

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta, Studentská 13, 370 05  
České Budějovice, e-mail: lukscm01@ef.jcu.cz, dolezal@ef.jcu.cz

### Abstrakt

Školní stravování by mělo sloužit zejména k poskytování chutného, zdravého jídla a k podpoře správných stravovacích návyků. Zároveň však může mít po zavedení cirkulárních principů významný pozitivní vliv na životní prostředí i komunitu; systém jen v Česku denně obsluhuje cca 2 miliony strávníků. Záměrem průzkumu realizovaného v rámci grantového projektu Jihočeské univerzity GAJU 103/2023/S bylo zanalyzovat, jak jsou tyto principy integrovány do každodenního provozu školních jídelen. Online dotazník se postupně věnoval úrovni informovanosti vedení školních jídelen o samotném pojmu udržitelná gastronomie, posouzení jejího významu v rámci školního prostředí a míře aplikace vybraných cirkulárních zásad. Pozornost byla věnována také komunikaci udržitelnosti školního stravování se všemi zainteresovanými stranami a vzdělávání zaměstnanců. Sledován byl přístup školních jídelen ke zvažovaným změnám v systému školního stravování a ponechán prostor i pro prezentaci návrhů a připomínek.

Hlavní výzvy pro české školní stravování představují zejména: otevření příležitostí pro místní farmy a podniky; využívání kvalitních, dle možností organických surovin; respektování sezónnosti; větší pestrost a vyšší sensorická hodnota připravovaných pokrmů; optimalizace výdeje; omezení plýtvání potravinami; efektivní nakládání s odpady, zejména s gastroodpadem; zlepšení informovanosti o udržitelných aspektech stravování a posílení vzájemné komunikace.

**Klíčová slova:** Školní jídelny, udržitelné školní stravování, zásady cirkulární gastronomie, změny školního stravování

## Úvod

Školní stravování v České republice je pevně regulováno zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání ("školský zákon"), konkrétně § 122 odst. 2. Toto ustanovení zařazuje školní stravování mezi "školské služby" a specifikuje jeho právní rámec. Právo na školní stravování je upraveno v souladu s hygienickými a výživovými normami. K nim se vztahuje například vyhláška 602/2006 Sb. upravující hygienické požadavky na stravovací služby. Dále vyhláška 107/2005 Sb., o školním stravování (nově pozměna vyhláškou 13/2023 Sb.), která podrobně upravuje stravování žáků, studentů a pracovníků ve školách; v přílohách uvádí výživové normy a finanční limity na nákup potravin.

Školní stravovací systém podléhá dohledu a kontrole ze strany České školní inspekce (ČŠI), hygienické a veterinární služby. ČŠI má za úkol sledovat dodržování výživových norem specifikovaných ve vyhlášce o školním stravování, včetně tzv. "spotřebního koše". Provádí inspekce a monitoruje, zda je poskytovaná strava v souladu s legislativními požadavky a zabezpečuje fyziologické potřeby dětí, žáků a studentů<sup>1</sup>.

## SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY ŠKOLNÍHO STRAVOVÁNÍ V ČR

Školní stravování v České republice má své silné i slabé stránky, které mají významný dopad na udržitelnost systému<sup>2</sup>.

### Silné stránky:

Jednou z klíčových silných stránek systému je jeho dlouholetá tradice a celostátní koncept. Síť školních jídelen funguje přes 70 let<sup>3</sup>, zahrnuje téměř 9000 provozoven, denně zajišťuje stravování pro 2 miliony strávníků. Celkově se ročně jedná zhruba o 383 milionů připravených porcí v hodnotě 18 miliard korun<sup>4</sup>. Důležitou součástí tohoto systému je jeho legislativní zakotvení a regulace kompetentními orgány. Financování je zajišťováno příspěvkem ze strany státu, zřizovatelů a rodičů. Kromě toho systém poskytuje sociální služby, a to zejména seniorům, a denně obsluhuje přibližně 200 tisíc cizích strávníků. Modernizace provozoven umožňuje mj. šetrnou úpravu surovin, přípravu čerstvé stravy v místě výdeje a zároveň dodržení vysokého hygienického standardu<sup>2</sup>.

### Slabé stránky:

Mezi největší nedostatky současného systému školního stravování v České republice patří absence jasně definovaného cíle celého systému, omezená volnost při použití receptur, problémy spojené s personálem ve školních jídelnách, nedostatečná propojenost systému s výukou, neprovádění pravidelné evaluace systému školního stravování, nedostatečný čas na konzumaci stravy, či nedostatečná kvalita používaných surovin. Velké plýtvání potravinami pak významně omezuje udržitelnost systému<sup>2</sup>. Zpráva ČŠI ukazuje, že významná část školních jídelen spoléhá na průmyslově zpracované potraviny, což negativně ovlivňuje kvalitu stravy<sup>1</sup>.

## PLÝTVÁNÍ POTRAVINAMI A APLIKACE PRINCIPŮ CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY

Udržitelné stravování ve školách se stává významným tématem, a to nejen z environmentálního, ale i sociálního, kulturního a ekonomického hlediska.

Z průzkumu projektu Skutečně zdravá škola vyplývá, že až 48 000 tun potravin ročně skončí v českých školních jídelnách jako odpad, což představuje zhruba 96 milionů porcí pokrmů. Z finančního hlediska to znamená, že až 35 % prostředků, které rodiče platí za stravování svých dětí (tj. 2,5 miliardy korun), končí jako odpad<sup>5</sup>.

Uvádí se několik doporučení, jak zabránit plýtvání potravinami ve školním stravování. Tato doporučení zahrnují **zajištění dostatečného času pro konzumaci, vzdělávání studentů a personálu o udržitelnosti a odpovědném nakládání s potravinami a analýzu množství nezkonsumovaného jídla**. Také zapojení studentů do snižování plýtvání jídlem například tím, že si přinesou **vlastní obaly na nedojedené jídlo**<sup>6</sup>. Významná je **komunikace udržitelnosti**, tj. sdílení informací o udržitelných aspektech jídelníčku, surovin, přípravy jídel a dalších souvisejících faktorech s účastníky stravování (žáky/studenty, rodiči, zaměstnanci škol, v některých případech také s místní komunitou). Obecně je důležitým krokem k minimalizaci plýtvání **zvýšení senzorické hodnoty pokrmů** prostřednictvím školení personálu a investic do kvalitnějších surovin<sup>7</sup>.

Kromě výše zmíněných způsobů, existuje řada cirkulárních principů z oblasti gastronomie, které by měly být aplikovány i v systému školního stravování. Zmiňují se tyto principy<sup>8</sup>:

- **Využití lokálních a sezónních surovin:** preference těchto surovin snižuje uhlíkovou stopu a podporuje místní farmáře a výrobce.
- **Snižování potravinových odpadů:** pečlivé plánování jídel, zlepšení postupů pro nákup potravin, správné skladování a správa zásob i optimalizace a kontrola velikosti porcí vede k redukci odpadu<sup>9</sup>.
- **Třídění odpadu a kompostování:** recyklace a kompostování podporují oběhovou ekonomiku.

- **Zero waste koncepty** (nulový odpad): při aplikaci v gastronomii je potřeba přemýšlet o tom, jak spotřebovat všechny složky potravin (např.: slupky, nať, kosti). Dále jde o využívání vratných obalů nebo nakupování bez obalu.

Uvedené principy lze doplnit o další cirkulární zásady:

- **Využití biopotravin** (udržitelných potravinových vstupů): biopotraviny mají nižší obsah reziduí pesticidů, představují tak menší riziko pro lidské zdraví. Hlavním přínosem je ekologická udržitelnost samotné produkce s menším negativním dopadem na životní prostředí (vodu, půdu, biodiverzitu). Biopotraviny mají v průměru nižší dopad na klima než konvenční potraviny (nižší emise skleníkových plynů)<sup>10</sup>.
- **Sdílení a redistribuce**: nevyužité potraviny z přípravy jídel/nevydaná hotová jídla mohou být použity v dalších pokrmech nebo darovány místním charitám a neziskovým organizacím<sup>11</sup>, vhodná je spolupráce s potravinovými bankami<sup>9</sup>.
- **Úspora energie a vody**: důraz je kladen na šetření energiemi a vodou využíváním úsporných technologií i podporou odpovědného využívání zdrojů<sup>12</sup>.
- **Udržitelné obaly**: používání udržitelných obalů (kompostovatelné, biologicky rozložitelné, opakovaně využitelné) významně snižuje jejich environmentální dopad<sup>8,12</sup>.
- **Větší zastoupení potravin rostlinného původu při přípravě jídel**: existují velké rozdíly v emisích skleníkových plynů u různých potravin; celkově mají potraviny živočišného původu větší ekologickou stopu než potraviny rostlinného původu<sup>13</sup>.

## Projekt SchoolFood4Change

Projekt SchoolFood4Change, financovaný Evropskou unií, klade do centra pozornosti vzdělání a zdraví. Uvědomuje si, že tyto faktory jsou klíčovými pilíři budoucnosti. Od ledna 2022 do prosince 2025 spojil 43 partnerů z 12 evropských zemí, včetně místních samospráv, aby transformovali stravování ve školách do podoby inovativního a udržitelného procesu<sup>14</sup>.

Hlavním cílem projektu SchoolFood4Change je vytvořit inovativní a místně relevantní řešení pro školy a poskytovatele školního stravování, která budou v souladu s cíli udržitelného rozvoje OSN a strategií EU Farm to Fork. Klíčovým prvkem je tzv. celoškolský přístup ke stravování (Whole School Food Approach – WSFA), jehož cílem je dosáhnout zdravé a udržitelné kultury stravování ve školách a okolních komunitách<sup>15</sup>.

Projekt SchoolFood4Change spojuje vzdělání, udržitelnou gastronomii a zodpovědné stravování. Nezaměřuje se pouze na výuku studentů o významu udržitelného stravování, ale také na jejich zapojení do aktivit, jako je zahradničení, vaření, kompostování a snižování odpadu. Tímto způsobem se snaží proměnit způsob, jakým zacházíme s potravinami, a naplňuje tím trojí udržitelnost – ekonomickou, sociální a environmentální<sup>16</sup>.

Během projektu SchoolFood4Change bylo provedeno rozsáhlé mapování systémů školního stravování v evropských zemích, včetně České republiky. Toto mapování odhalilo rozmanité přístupy, řídicí struktury a metody zadávání veřejných zakázek. Projekt upozornil na zájem o udržitelné nákupy potravin a služeb, ale současně ukázal na nedostatečné znalosti v oblasti udržitelných kritérií a výzvy spojené s náklady na udržitelné alternativy<sup>17</sup>.

Hlavními tématy k řešení jsou v ČR především: zkrácení dodavatelského řetězce, zvýšení podílu organických surovin ve školním stravování, otevření příležitostí pro místní malé farmy a malé a střední podniky, dodržování sezónnosti, měření environmentálního dopadu nákupu potravin (například výpočet emisí CO<sub>2</sub>), začlenění vzdělávání o potravinách do školních osnov a zlepšení poměru mezi cenou a kvalitou<sup>17</sup>.

## VYBRANÉ PROJEKTY PODPORUJÍCÍ UDRŽITELNOST ŠKOLNÍHO STRAVOVÁNÍ V ČR

V České republice byla realizována řada podpůrných projektů zaměřených na školní stravování, rámcově i na jeho udržitelnost. Zde je uvedeno pouze několik základních projektů z posledního období:

1. **Máme to na talíři a není nám to jedno (\*2020):** Projekt je zaměřen na zlepšení školního stravování a vzdělávání o zdravé výživě<sup>18</sup>. Řešená témata: jak vytvořit systém školního stravování, který splňuje představy všech zúčastněných; jak dostat denně na talíře dětí výživově hodnotné pokrmy; jaká kritéria musí být naplněna, abychom školní stravování mohli označit za kvalitní; jak takový systém udržet v praxi. Garantem projektu je Státní zdravotní ústav<sup>19</sup>. Více informací na <https://www.mametonataliri.cz>.
2. **Menu pro změnu (2015-2018):** V rámci tohoto projektu zkoumalo celkem 550 ekoškol v 9 zemích EU globální potravinové systémy. Hledaly udržitelná řešení při výběru potravin: jak lze volbou potravin chránit životní prostředí, prosazovat lidská práva a přispívat k vyšší kvalitě života společnosti<sup>20</sup>. Více informací na <https://www.eatresponsibly.eu/cs>.
3. **Skutečně zdravá škola (\*2015):** Celostátní projekt je zaměřen na kvalitní a udržitelné školní stravování a vzdělávání o potravinách. Komplexně rozvíjí kulturu stravování ve všech ekologických, ekonomických, sociálních a zdravotních souvislostech. Do programu se již zapojilo přes 500 mateřských, základních a středních škol. Účastníci mohou získat bronzové, stříbrné či zlaté medaile za splnění kritérií programu (mj. je hodnoceno i zastoupení biopotravin)<sup>23</sup>. Více informací na <https://www.skutecnezdravaskola.cz>.
4. **Zdravá školní jídelna (\*2014):** Projekt s podporou SZÚ a MZČR se věnuje kvalitě stravy, zapojuje personál, pedagogy i rodiče. Má za cíl inspirovat vedoucí školních jídelen ke zlepšení práce, konzultacím s výživovými odborníky a motivovat k získání prestižního certifikátu Zdravá školní jídelna<sup>21,22</sup>. Více informací na <https://www.zdravaskolnijidelna.cz>.

## Cíle a metodika

Hlavním cílem průzkumu bylo detailně zanalyzovat, jak jsou cirkulární principy integrovány do každodenního provozu školních jídelen. Byla formulována základní výzkumná otázka: Jsou v českých školních jídelnách aplikovány zásady cirkulárního gastroprovozu? Pro její zodpovězení byl zvolen dotazníkový průzkum metodou CAWI. V platformě Google Forms byl zpracován e-dotazník zaměřený na různé aspekty udržitelného stravovacího provozu. V 6 základních tematických okruzích bylo položeno 49 výzkumných, 8 identifikačních a 9 doplňujících otázek. Detailněji bylo hodnoceno 15 klíčových „cirkulárních“ zásad vymezených v literární rešerši, dále nepotravinový odpad a gastroodpad. Většina otázek byla škálována s možností připojení komentáře. Obsah dotazníku byl komunikován s vybranými zástupci školních jídelen. Zásadní byla volba distribuce odkazu na dotazník. Původním záměrem bylo individuální oslovení školních jídelen, ale kontakty nebyly příslušnými správními úřady z důvodu GDPR poskytnuty. Odkaz na dotazník byl nakonec zveřejněn na informačním portálu pro hromadné stravování Jidelny.cz. Sběr dat probíhal červen-říjen 2023, do průzkumu se aktivně zapojilo 66 respondentů/školních jídelen. Pro analýzu dat byly využity kontingenční tabulky v programu Microsoft Office Excel, k hodnocení odpovědí slouží základní deskriptivní statistika. Vzhledem k omezenému počtu zapojených respondentů nebyly realizovány vícerozměrné statistické analýzy a testování hypotéz. Získané výsledky byly dále interpretovány a prezentovány pomocí grafických výstupů ve stejném softwaru, v závěru pak byly využity pro formulaci základních doporučení.

Poznámka: složitá situace spojená s podfinancováním nepedagogických činností ve školství komplikuje spolupráci, včetně sběru dat. Jak školní jídelny v komentářích naznačovaly, v centru jejich pozornosti jsou aktuálně jiná témata. Pro zajištění většího počtu respondentů by byla nutná participace zřizovatelů.



## Výsledky (průzkum zaměřený na využívání cirkulárních principů ve školních jídelnách)

### CHARAKTERISTIKA RESPONDENTŮ

V rámci identifikačních otázek byl zkoumán obecný profil školních jídelen zahrnující informace o jejich zřizovateli, umístění v jednotlivých krajích, typu stravovacího zařízení, poskytovaných službách, kapacitě stravníků a nabídce jídel.

Zřizovatelem respondentů/školních jídelen jsou z 83 % obce, z 15 % kraje a zbylá 2 % tvoří soukromé subjekty.

Respondenti zastupovali 9 krajů, největší zastoupení měly kraje Královéhradecký a Jihomoravský (oba 17 %).

Typově převládaly provozy kombinující vývařovnu a výdejnu (74 %), v 21 % se jednalo o vývařovny a pouze v 5 % se jednalo pouze o výdejny.

88 % školních jídelen zajišťuje stravu pro ZŠ, 70 % pro MŠ, relativně málo respondentů zajišťuje stravu pro SŠ (20 %). 56 % poskytuje stravovací služby pro veřejnost a 23 % stravovací služby pro jiné organizace.

Pro rozlišení velikosti školní jídelny byl zvolen ukazatel počtu připravovaných obědů. Školní jídelny nejčastěji zajišťují obědy pro 100-500 stravníků (48 % respondentů), následují jídelny s počtem stravníků 500-1000 (33 % respondentů), 11 % jídelen má kapacitu 1000-1500 jídel a 8 % má naopak výdej jídel do 100 porcí.

Z 50 % nabízejí školní jídelny 2 hlavní jídla, 42 % pak pouze 1 hlavní jídlo. Nabídka více hlavních jídel je spíše výjimečná: 3 jídla nabízí pouze 6 % jídelen a 2 % pak 4 a více hlavních jídel.

Školní jídelny poměrně často nabízí i další doplňkové činnosti (kromě přípravy obědů). Jedná se zejména o přípravu svačin (61 %), snídaní (14 %) a večeří (11 %), ale také prodej potravin mimo systém školního stravování (14 %), zajištění pohoštění (rauty, oslavy...) (11 %), velmi omezeně provozují prodejní automaty (3 %), některé jídelny poskytují poradenství a vzdělávací aktivity v oblasti správné výživy (5 %).

*Hlavní sekce průzkumu byla věnována hodnocení provozu školních jídelen z pohledu udržitelnosti/cirkularity. Závěr dotazníku se zaměřil na postoje a názory respondentů týkající se případných změn ve školním stravování a komunikačních aspektů udržitelnosti ve stravovacích zařízeních.*

### OKRUH OTÁZEK: UDRŽITELNOST/CIRKULARITA PROVOZU ŠKOLNÍ JÍDELNY

#### Znalost a posouzení významu pojmu Udržitelná/cirkulární gastronomie

Svou úroveň znalostí o udržitelné/cirkulární gastronomii označilo 44 % respondentů za průměrnou a 29 % za podprůměrnou. Vynikající a velmi dobré povědomí vykázalo 18 % a naopak žádné znalosti 9 % zástupců školních jídelen. Obecně je úroveň znalostí v této oblasti znepokojivá: průměrná/podprůměrná.

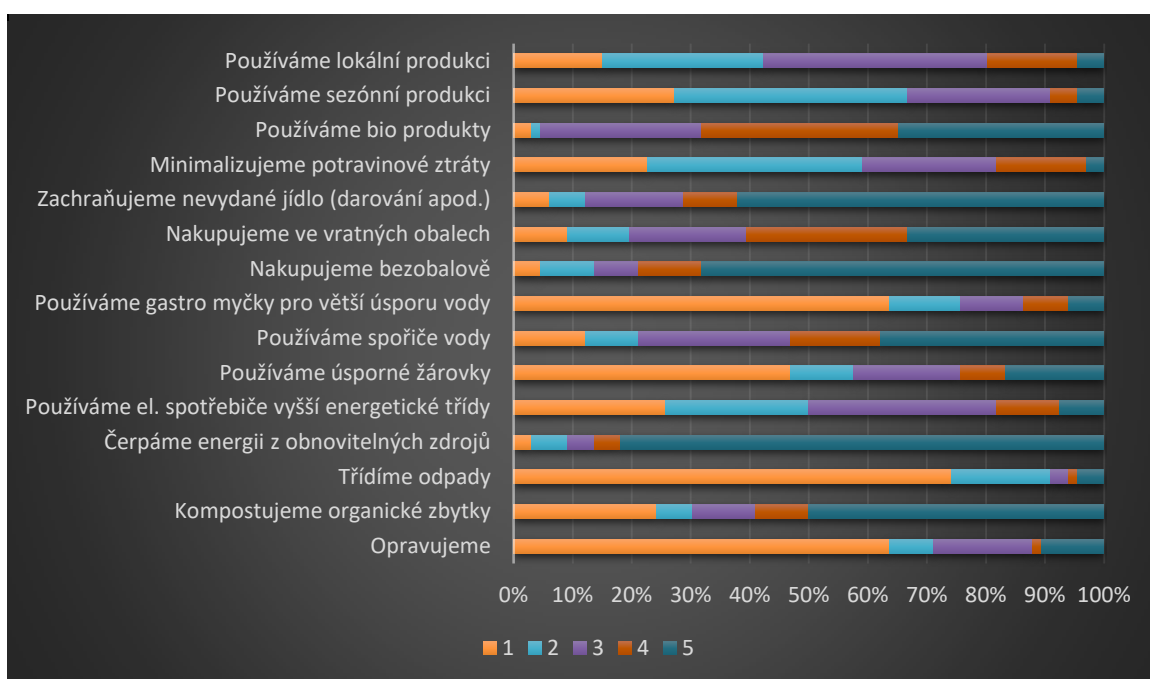
Většina respondentů však považuje zavádění udržitelných principů v gastronomii za velmi významnou aktivitu s hlavními překážkami v podobě financí, složitých legislativních předpisů, nedostatečného povědomí o udržitelnosti, omezené dostupnosti lokálních produktů a nedostatečné podpory ze strany zřizovatele i personálu.

#### Aplikace principů cirkulární gastronomie

Pro zhodnocení míry aplikace sledovaných zásad byly využity propočty průměrných hodnot (při hodnocení 1-5; 1 – významně využívané, 5 – nevyužívané). Respondenti nejčastěji aktivně praktikují třídění odpadu (průměrné hodnocení 1,5), opravování (1,9), pro úsporu vody využívají gastro myčky

(1,8). Školní jídelny také často využívají sezónní (2,2), méně intenzivně pak lokální (2,7) produkci a zasazují se o snižování plýtvání potravinami (2,4). Také se snaží snížit spotřebu energie tím, že používají energeticky úsporné žárovky (2,4) a elektrospotřebiče vyšší energetické třídy (2,5). Kompostování zatím není běžně využíváno (3,5), reálně nepraktikuje (nebo pouze nevýznamně) zhruba polovina školních jídelen.

Relativně málo jsou využívány spořiče vody (3,6), nákupy ve vratných obalech (3,7), nákup bioproduktů (4,0), darování nevydaného jídla/nevyužitých potravin (4,2 – koresponduje s právními omezeními u školních jídelen) a bezobalové nákupy (4,3). Nejnižší úroveň využití má čerpání energie z obnovitelných zdrojů (4,6). Lze přesto dohledat školní jídelny/školská zařízení, které se této oblasti věnují. Např. provozovatel školní jídelny v Chocni má vypsáný projekt na využití fotovoltaických panelů a tepelných čerpadel.



**Obrázek 1: Aplikace cirkulárních principů (n=66) (1 – významně využíváme, 5 – nevyužíváme)**

Zdroj: Vlastní zpracování

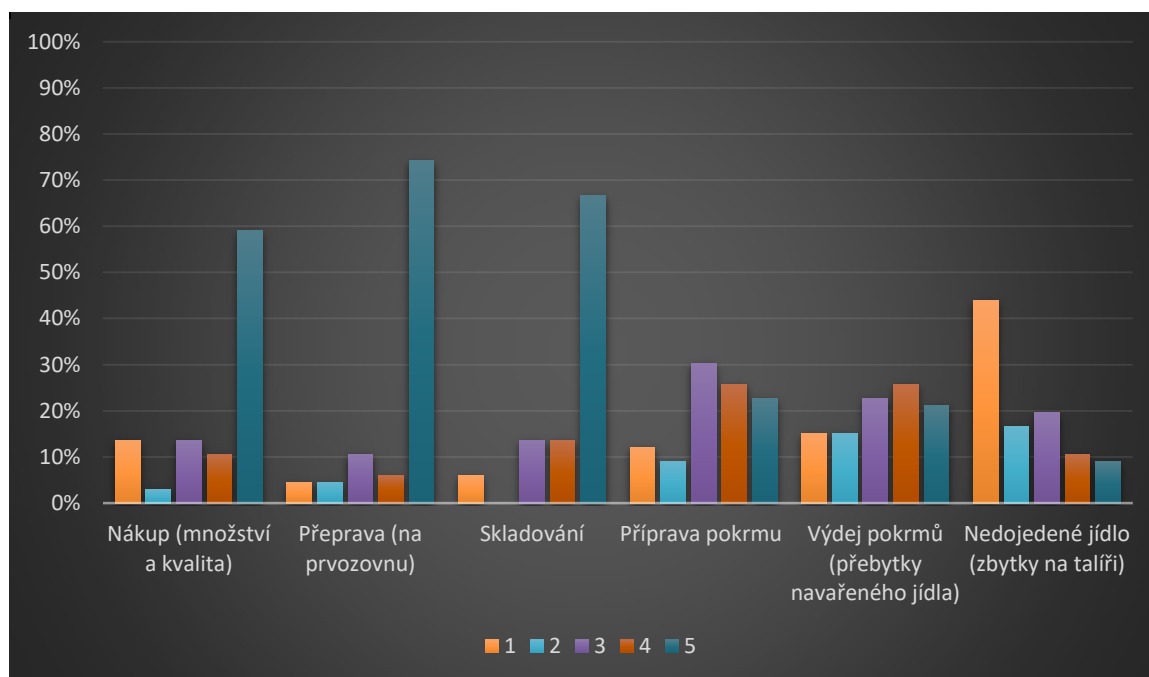
Samostatně byla položena otázka zaměřená na nabídku bezmasých jídel. I tento aspekt lze spojit s hodnocením udržitelnosti. Rostlinná strava má nižší ekologickou stopu spojenou zejména s menší emisí skleníkových plynů. Z průzkumu vyplývá, že zastoupení bezmasých jídel je ve sledovaných školních jídelnách nedostatečné. Každý den tuto alternativu nabízí pouze 9 % zařízení. Převažuje nabídka pouze 1 x týdně (56 % jídelen). 23 % jídelen uvedlo nabídku 2 x, 13 % 3 x a 8 % 4 x týdně.

## Nepotravinový odpad

Výsledky průzkumu nepotravinových odpadů ve školních jídelnách naznačují, že největší zastoupení v jejich rámci mají papírové obaly (za významné množství označilo 71 % jídelen). Následují plastové obaly a nápojové kartony (významné množství uvádí 45 resp. 34 % respondentů). Naopak nejméně často byly jako významné nepotravinové odpady označeny obaly skleněné a kovové. Školní jídelny aktivně provádějí třídění odpadu, a v případě použití vratných obalů jsou převažujícími typy přepravy a bedýnky.

## Gastroodpad

Obrázek 2 ukazuje, jak jsou jednotlivé fáze provozu náročné na produkci gastroodpadu. Pro podrobné vyhodnocení jsou využity průměrné bodové hodnoty (při hodnocení 1-5; 1 – významné a 5 – minimální množství produkce gastroodpadu). Z dat vyplývá, že nejméně náročný na vznik gastroodpadu je přeprava (hodnota 4,4) a následuje skladování potravin (4,3) a nákup (3,9), nejvíce gastroodpadu vzniká naopak z nedojedených jídel na talířích (2,2) a z přebytků připravených jídel (3,2).



**Obrázek 2: Náročnost jednotlivých fází provozu na vznik gastroodpadu (n=66) (1 – významné množství, 5 – minimální množství gastroodpadu)**

Zdroj: Vlastní zpracování

Respondenti se snaží aktivně minimalizovat tvorbu gastroodpadu během přípravy pokrmů tím, že maximálně využívají dostupné suroviny.

Pokud jde o způsoby nakládání s gastroodpadem, je pro zhodnocení opět využito průměrných hodnot (hodnocení 1-5; 1 – velmi významný a 5 – nevýznamný způsob nakládání). Nejčastěji se využívá svoz gastroodpadu (2,2) a také separovaný svoz olejů a tuků (2,9). Méně často využívané metody zahrnují odběr vedlejších produktů na krmení nebo výrobu krmiv (3,7), kompostování (3,8), svoz pro energetické využití (4,6) a svoz do kaflérů (4,6).

Celkově se 41 % dotazovaných shoduje na tom, že jejich produkce gastroodpadu je přiměřená (s dodatkem, že určitý objem gastroodpadu bude vždy existovat). Celkem 38 % respondentů označilo objem gastroodpadu za velký/relativně velký; 32 % jídelen zároveň vidí jen omezený prostor pro jeho redukcii, naopak významnou možnost redukce uvedlo 6 % jídelen. Pouze 21 % subjektů zhodnotilo objem svého gastroodpadu jako významně/relativně malý díky snaze o jeho minimalizaci.

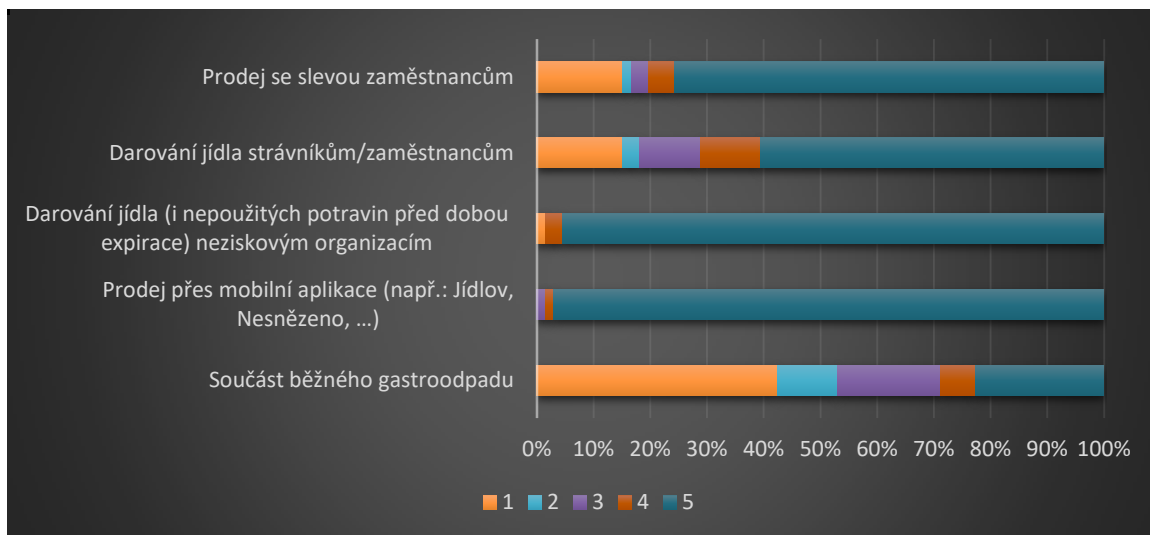
Respondenti také identifikovali nejproblematičtější součásti gastroodpadu: kosti, olej, skořápky a slupky.

## Nevydané jídlo

Bylo sledováno, zda a jak intenzivně využívají školní jídelny základní způsoby nakládání se zbylým jídlem/nevyužitými potravinami před dobou expirace. Z výsledků vyplývá, že školní jídelny téměř vůbec nepoužívají prodej jídla prostřednictvím mobilních aplikací (pouze 3 %), darování jídla neziskovým

organizacím (5 %). Častěji nevydané jídlo darují strážníkům nebo zaměstnancům (v různém rozsahu 39 % jídelen). Prodej se slevou pro zaměstnance uvedlo 24 % respondentů. Nejčastěji se bohužel nevydané jídlo stává součástí běžného gastroodpadu, takto nakládá s nevydaným jídlem s různou intenzitou 77 % respondentů.

Pokud využijeme pro porovnání průměrné bodové hodnoty (hodnocení intenzity využívání jednotlivých způsobů nakládání 1-5; 1 – velmi často využíváné a 5 – nevyužívané), lze uvést následující pořadí: velmi často je zbylé jídlo součástí běžného gastroodpadu (2,6), následuje darování jídla strážníkům/zaměstnancům (3,9), již méně se využívá prodeje se slevou zaměstnancům (4,2) a téměř vůbec se nevyužívá darování jídla neziskovým organizacím (4,9) a prodej přes mobilní aplikace (4,9).



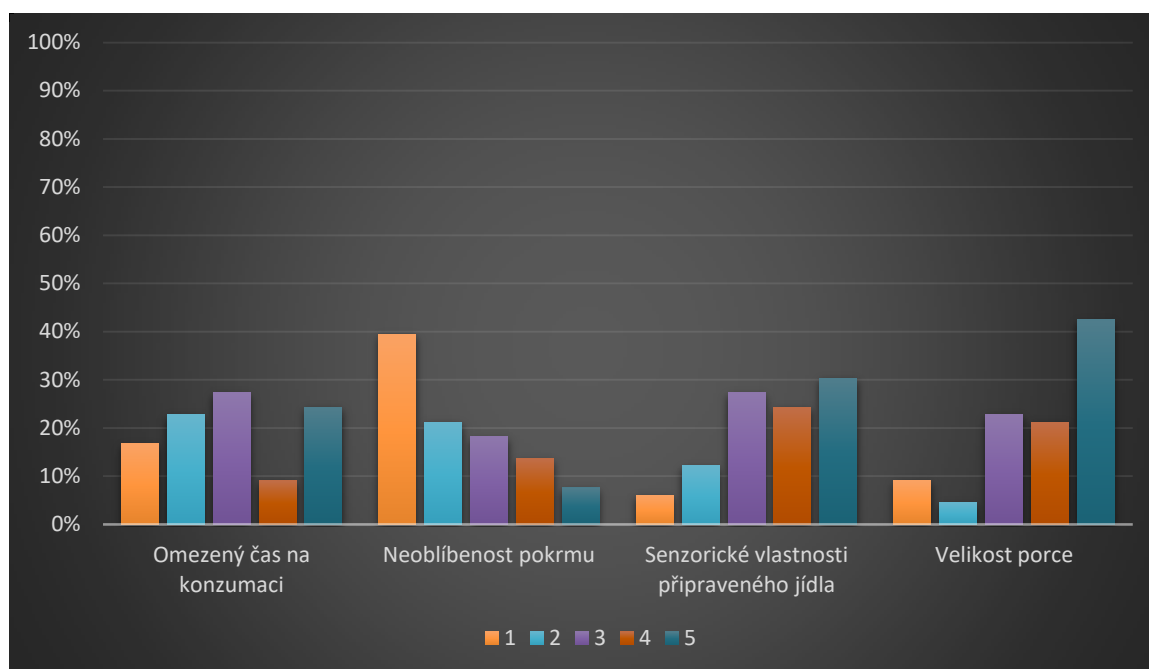
Obrázek 3: Způsoby nakládání s nevydaným jídlem (n=66) (1 – velmi využíváné, 5 – nevyužívané)

Zdroj: Vlastní zpracování

### Nedojedené jídlo

Dále byly zkoumány příčiny nedojedení jídla. Nejčastějším důvodem nedojedení jídla je dle respondentů neoblíbenost konkrétního pokrmu a také omezený čas na konzumaci. Sensorické vlastnosti jídla a velikost porce byly naopak uváděny jako méně časté důvody.

Pokud využijeme pro porovnání průměrné bodové hodnoty (hodnocení 1-5; 1 – velmi významná a 5 – nevýznamná příčina), lze uvést následující pořadí: 1. neoblíbenost pokrmu (2,3), 2. omezený čas na konzumaci (3,1), 3. sensorické vlastnosti jídla (3,6), 4. velikost porce (3,8).



**Obrázek 4: Obecná příčina nedojedení jídla (n=66) (1 – velmi významné, 5 – nevýznamné)**

Zdroj: Vlastní zpracování

Velikost porce se nejčastěji odvozuje od platných normativů, ale zhruba 52 % respondentů respektuje přání strávníků a přizpůsobuje jim velikost porce. Jen 8 % jídelen nabízí částečný samoobslužný provoz, tj. možnost volit si individuálně velikost porce.

Co se týče konkrétních segmentů hlavního jídla, je nejčastěji nedojedenu částí polévka. Naopak dezert zůstává na talíři jen minimálně.

Pravidelně nebo občas provádí analýzu nedojedeného jídla 69 % respondentů, kterou pak následně využívají k prevenci vzniku gastroodpadu. 31 % dotazovaných se této analýze nevěnuje vůbec, z toho 5 % jídelen ale využití analýzy připravuje.

Školní jídelny řeší nejčastěji problém nedojedených jídel úpravou jídelničky (sledováním preferencí strávníků a vařením oblíbených pokrmů), úpravou velikostí porcí, vytvářením nových receptur a dalšími inovativními přístupy.

## OKRUH OTÁZEK: „ZMĚNY VE ŠKOLNÍM STRAVOVÁNÍ“

### Připravované změny ve školním stravování

Respondenti měli možnost uvést, jak nahlíží na připravované změny ve školním stravování (řeší mj. projekt „Máme to na talíři a není nám to jedno“ pod záštitou MZČR).

Většina školních jídelen (65 %) vnímá změny pozitivně, 12 % dotazovaných s nimi naopak nesouhlasí, a to z několika důvodů. Vedoucí školních jídelen vyjadřují obavy ohledně jednosměrných, restriktivních a nedostatečně flexibilních změn. Zdůrazňují potřebu zohlednit reálné podmínky ve školních jídelnách. Zástupci jídelen navrhují spíše nastavit doporučení a metodickou podporu než povinné změny ve spotřebním koši a zdůrazňují nutnost zkoumat preference dětí a konzultovat změny s kuchařkami a dalším personálem ve školních jídelnách.

Ke změnám ve školním stravování je v poslední době vedena široká diskuze, MZČR je pověřeno přípravou nové vyhlášky o školním stravování. Přesto 14 % respondentů uvedlo, že neví o žádných připravovaných změnách a 9 % respondentů změny „neřeší“.

Jednou ze změn, která se zvažuje, je zavedení normativů pro využití biopotravin při přípravě jídel ve školních jídelnách (do roku 2027 zavést 5% podíl biopotravin). Pouze 20 % jídelen se vyjádřilo k této skutečnosti vysloveně pozitivně. Nejčastěji (41 % respondentů) bylo uváděno neutrální hodnocení. 14 % respondentů „spíše“ a 26 % „zcela“ s tímto normativem nesouhlasí. Vidí významný problém v ceně biopotravin, jejich dostupnosti, spolehlivosti dodavatelů a někdy též v kvalitě či chuti biopotravin (nelší se df. od konvenčních potravin).

### **Možnost vyjádření připomínek a návrhů ke změnám v oblasti školního stravování**

Většina (61 %) školních jídelen uvedla, že prakticky nemá možnost vyjádřit svůj názor na změny v oblasti školního stravování. Proto byl ponechán v průzkumu prostor k prezentaci. Zde je přehled nejčastějších návrhů a připomínek:

**Plat a pracovní podmínky:** platy a pracovní podmínky zaměstnanců ve školních jídelnách jsou dle respondentů zásadním problémem. Vedou zároveň k obtížím při získávání nových pracovníků.

**Spotřební koš:** je nutná úprava nebo zrušení spotřebního koše, aby se zabránilo plýtvání potravinami a omezila se jednotvárnost jídelníčku.

**Zdravé a pestré stravování:** doporučeno rozšíření celkové nabídky jídel, a také např. zvýšení podílu zeleninových jídel. Bylo uvedeno i větší zastoupení tradiční české kuchyně a místních pokrmů. Zazněly připomínky, že přechod ke zdravějším pokrmům může být obtížný, protože děti preferují nezdravé potraviny, které jsou často dostupné doma.

**Edukace a podpora pro pracovníky:** vzdělávání by mělo zahrnovat jak technické dovednosti, tak i samotný přístup k výživě. Důležité je zároveň i vzdělávání rodičů a dětí v oblasti stravování a výživy. Rodiče by se měli podílet na vytváření zdravých stravovacích návyků u dětí.

**Modernizace:** modernizace technického vybavení a infrastruktury ve školních jídelnách je dalším důležitým faktorem, který by mohl přispět ke zlepšení kvality stravování.

**Potřeba spolupráce a komunikace:** spolupráce s pedagogy, rodiči a dalšími zainteresovanými subjekty je klíčová pro úspěch změn v oblasti školního stravování.

**Individuální potřeby a situace:** každá školní jídelna může mít své vlastní výzvy a potřeby, které souvisejí s geografickou polohou, populací a místními faktory. Proto by měla být zachována flexibilita v implementaci změn.

### **OKRUH OTÁZEK: „KOMUNIKACE UDRŽITELNOSTI STRAVOVÁNÍ“**

V této části byla zkoumána komunikace udržitelnosti připravovaných pokrmů. 38 % jídelen nekomunikuje udržitelnost pokrmů se strávníky, 33 % ano a 29 % tuto možnost zvažuje. Nejčastěji se jedná o osobní dotazování, spolupráci s pedagogy (výuka, třídní schůzky, přednášky apod.), exkurze a inovativní řešení, jako je vytváření anket a knih přání, kde děti mohou přispět např. i svými recepty.

### **OKRUH OTÁZEK: „VZDĚLÁVÁNÍ ZAMĚSTNANCŮ ZAMĚŘENÉ NA UDRŽITELNOST“**

Školní jídelny zpravidla nezajišťují svým zaměstnancům další vzdělávání zaměřené na oblast udržitelných trendů ve školním stravování (50 %). 38 % jídelen tuto praxi již realizuje a 12 % podobné aktivity připravuje. Nejčastěji uváděnými metodami vzdělávání byly workshopy, webináře, semináře, diskuze, porady a účast na projektech (např. projekt "Skutečně zdravá škola").

## Shrnutí výsledků

Klíčovým tématem průzkumu byla udržitelnost školního stravování, konkrétně dodržování základních zásad cirkulární gastronomie.

I když u respondentů převládá spíše průměrná (44 %) až podprůměrná (29 %) informovanost o této problematice, je téma udržitelnosti považováno za důležité.

Z doporučených zásad školní jídelny aktivně praktikují třídění odpadu, opravují rozbité věci, minimalizují spotřebu energie a snaží se využívat sezónní, méně pak lokální produkci. Rezervy jsou především ve využívání obnovitelných zdrojů energie, biopotravin, kompostování, bezobalových nákupech a darování přebytků jídla. Malá je nabídka bezmasých jídel, každý den tuto alternativu nabízí pouze 9 % jídelen.

Gastroodpad nejčastěji vzniká z nedojedených jídel a z přebytků připravených jídel. Pro likvidaci se běžně využívá svoz gastroodpadu a separovaný svoz olejů a tuků. Méně často se uplatňuje kompostování, odběr vedlejších produktů na krmení nebo výrobu krmiv, svoz do kafilérie nebo pro energetické využití. Respondenti nejčastěji uváděli při hodnocení objemu svého gastroodpadu tyto modelové odpovědi: „produkujeme přiměřené množství gastroodpadu, určitý objem odpadu je nevyhnutelný“ (41 % respondentů), resp. „objem odpadu považujeme za relativně velký, určitý prostor pro redukci existuje, ale je omezený“ (32 % respondentů).

Příčinou nedojedení jídla je zejména neoblíbenost pokrmu a omezený čas na konzumaci. Velikost porce určují platné normativy, zhruba polovina dotazovaných (52 %) ji ale přizpůsobuje přání strávníka. Pouze 8 % jídelen umožňuje volit si individuálně velikost porce v rámci samoobslužného výdeje stravy. Školní jídelny se snaží řešit problém nedojedeného jídla sledováním preferencí strávníků, úpravou jídelníčku, velikostí porcí i novými recepturami. K prevenci vzniku gastroodpadu může významně přispět analýza nedojedeného jídla, ale 31 % jídelen se jí vůbec nevěnuje.

Problematický je také poměrně velký objem nevydaného jídla, který končí jako odpad. Řešení souvisí jak s prevencí vzniku přebytků jídla, tak i s efektivnějším způsobem nakládání s nimi. To je částečně podmíněno i úpravou legislativy (darování jídel neziskovým organizacím, např. potravinovým bankám nebo prodej přes mobilní aplikace).

Respondenti ke zvažovaným změnám ve školním stravování přistupují převážně pozitivně (65 % respondentů), ale zároveň vyjadřují obavy z příliš restriktivních změn, zdůrazňují potřebu realistických řešení pro prostředí školních jídelen a preferují spíše formu doporučení. Většina školních jídelen si stěžuje na nedostatečnou možnost vyjádřit svůj názor ohledně změn ve stravování. Doporučení zmiňovaná respondenty zahrnují kromě zvýšení platů a zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců úpravu spotřebního koše, rozšíření nabídky jídel směrem ke zdravějšímu stravování, modernizaci vybavení školních jídelen a potřebu lepší komunikace a spolupráce s pedagogy, rodiči i zřizovateli.

Dosud podceňovanými přístupy k posílení udržitelnosti jsou pak komunikace udržitelnosti se všemi účastníky systému školního stravování (nerealizuje 38 % respondentů), a také vzdělávání zaměstnanců zaměřené na udržitelné/cirkulární postupy (nerealizuje 50 % respondentů). Právě investice do dalšího vzdělávání v oblasti udržitelné gastronomie mohou významně podpořit související změny.

## Závěr

Realizovaný průzkum seznamuje s aktuální „udržitelností“ českého školního stravování, konkrétně do jaké míry jsou základní udržitelné/cirkulární principy integrovány do každodenního provozu školních jídelen.

Výsledky průzkumu potvrzují, že změny v této oblasti jsou nezbytné. Otázkou je jejich rozsah a flexibilita. Přípravují se obecné změny zaměřené na školní stravování, důležité je jejich zasazení do udržitelného rámce. Změny ve školním stravování musí odrážet potřeby dětí, zaměstnanců, reálné možnosti konkrétních jídelen, ale i zájmy celé společnosti, včetně dopadu systému na životní prostředí.

Hlavními výzvami z pohledu udržitelnosti jsou pro české školní stravování zejména: otevření příležitostí pro místní farmy a podniky; využívání kvalitních surovin; zvýšení podílu organických surovin; respektování sezónnosti při sestavování jídelníčku; větší nabídka bezmasých jídel; dostatečná pestrost a vyšší senzorická hodnota připravovaných pokrmů; optimalizace výdeje; v rámci provozu větší úspora vody a energií, dle možností orientace na obnovitelné zdroje; nákupy ve vratných obalech/bezobalové nákupy; omezení plýtvání potravinami; efektivní nakládání s odpady, zejména s gastroodpadem; zlepšení informovanosti všech účastníků školního stravování o potravinách a udržitelných aspektech stravování a posílení vzájemné komunikace.

Průzkum umožnil také generovat klíčová témata pro extrení grantový projekt: nevydané a nedojedené jídlo v provozu školních jídelen. Konkrétně prevence vzniku nevydaného jídla, redistribuce již vzniklého přebytku jídla potřebným (bez legislativní změny s nutnou podporou zřizovatele), prevence nedojedení jídla a optimalizace nakládání s gastroodpadem.

## Poděkování

*Projekt vznikl v rámci grantového projektu GAJU 103/2023/S zaměřeného na zvyšování efektivity systémů prostřednictvím uplatňování principů cirkulární ekonomiky. K distribuci dotazníku významně přispěla informační platforma Jidelny.cz.*

## Zdroje

1. Tematická zpráva – Kvalita školního stravování (vybrané aspekty včetně dietního stravování). Česká školní inspekce (2017). Dostupné z [https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF\\_el.\\_publikace/Tematicke%20zpravy/TZ-Kvalita-skolniho-stravovani.pdf](https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Tematicke%20zpravy/TZ-Kvalita-skolniho-stravovani.pdf)
2. Košťálová, A., Selinger, E.: Školní stravování: Analýza systému a návrhy modernizace v rámci projektu (2020).
3. Řezáčová, J.: Oslava 50. výročí systému školního stravování a 60. výročí školních jídelen (2014). Dostupné z <https://www.praha12.cz/oslava-50-vyroci-systemu-skolniho-stravovani-a-60-vyroci-skolnich-jidelen/d-33700>
4. Stránská, M. V.: Školní jídelny jsou kšeft za 18 miliard! Jde o peníze, ne o kvalitu školních obědů (2023). Dostupné z <https://medium.seznam.cz/clanek/m-v-stranska-skolni-jidelny-jsou-kseft-za-18-miliard-jde-o-prachy-ne-o-kvalitu-skolnich-obedu-32941>
5. <https://www.skuteczdravaskola.cz/novinky-ze-skol/novinky-ze-skutecne-zdrave-skoly/kazdy-rok-se-ve-skolnich-jidelnach-vyhodi-az-48-000-tun-potravin-1>, staženo 5.11.2023
6. Chu, C. -M., Chih, C., & Teng, C. -C.: Food Waste Management: A Case of Taiwanese High School Food Catering Service (2023). Dostupné z <https://doi.org/10.3390/su15075947>
7. García-Herrero, L., Costello, C., De Menna, F., Schreiber, L., & Vittuari, M.: Eating away at sustainability. Food consumption and waste patterns in a US school canteen (2021). Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123571>
8. Batistela dos Santos, E., da Costa Maynard, D., Zandonadi, R. P., Raposo, A., & Assunção Botelho, R. B.: Sustainability Recommendations and Practices in School Feeding: A Systematic Review (2022). Dostupné z <https://doi.org/10.1159/000526379>
9. García-Herrero, L., De Menna, F., & Vittuari, M.: Food waste at school. The environmental and cost impact of a canteen meal (2019). Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.027>
10. Chiriaco, M. V.: Organic versus conventional food emissions under different carbon footprint metrics (2022). Dostupné z <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2713>
11. Falasconi, L., Vittuari, M., Politano, A., & Segrè, A.: Food Waste in School Catering: An Italian Case Study (2015). Dostupné z <https://doi.org/10.3390/su71114745>



12. Pellikka, K., Manninen, M., & Taivalmaa, S. -L.: School Meals for All: School feeding: investment in effective learning – Case Finland (2019).
13. Ritchie, H.: You want to reduce the carbon footprint of your food? Focus on what you eat, not whether your food is local (2020). Dostupné z <https://ourworldindata.org/food-choice-vs-eating-local>
14. <https://schoolfood4change.eu/cz/about/>, staženo 6.11.2023.
15. Shifting school meals and schools into a new paradigm by addressing public health and territorial, social and environmental resilience. European Commission (2021). Dostupné z <https://doi.org/10.3030/101036763>
16. [https://www.sei.org/projects/schoolfood4change\\_eng/](https://www.sei.org/projects/schoolfood4change_eng/), staženo 6.11.2023
17. Piirsalu, E., Uiboleht, K., Kuldna, P.: Mapping the school food system European Commission (2021). Dostupné z <https://schoolfood4change.eu/wp-content/uploads/2023/06/D2.2-Mapping-School-Food-System.pdf>
18. Košťálová, A., Selinger, E.: Máme to na talíři a není nám to jedno (2020).
19. <https://szu.cz/aktuality/deti-ve-skolnich-jidelnach-kvalitni-jidlo-projekt-mame-to-na-taliri-a-neni-nam-to-jedno/>, staženo 8.11.2023.
20. Výroční zpráva 2018. Glopolis (2019). Dostupné z <https://glopolis.org/site/assets/files/1156/vyrocní-zprava-2018.pdf>
21. Košťálová, A., Mužíková, L., Niklová, A., Packová, A.: Manuál pro školní jídelny: metodická pomůcka pro realizaci projektu "Zdravá školní jídelna" (2017).
22. <https://www.zdravaskolnijidelna.cz/o-projektu>, staženo 8.11.2023.
23. Výroční zpráva 2022. Skutečně zdravá škola (2023). Dostupné z [https://www.skuteczdravaskola.cz/user\\_uploads/Soubory/VZ/SZŠ%20výroční%20zpráva%2022\\_.pdf](https://www.skuteczdravaskola.cz/user_uploads/Soubory/VZ/SZŠ%20výroční%20zpráva%2022_.pdf)

### **Projekty ČR**

- A. Máme to na talíři a není nám to jedno. <https://www.mametonataliri.cz>, staženo 18.12.2023
- B. Menu pro změnu. <http://www.eatresponsibly.eu/cs/>, staženo 18.12.2023
- C. Skutečně zdravá škola. <https://www.skuteczdravaskola.cz>, staženo 18.12.2023
- D. Zdravá školní jídelna. <https://www.zdravaskolnijidelna.cz>, staženo 18.12.2023

## **Sustainable school meals: application of circular principles in Czech school canteens (survey 2023)**

**Matěj LUKSCH and Hana DOLEŽALOVÁ**

University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Economics, Studentská 13,  
370 05 České Budějovice, Czech Republic, e-mail dolezal@ef.jcu.cz, lukscm01@ef.jcu.cz

### **Abstract**

*School meals should serve, in particular, to provide tasty, healthy food and to promote good eating habits. At the same time, however, it can have a significant positive effect on the environment and the community after the introduction of circular principles; the system serves around 2 million diners every day in the Czech Republic alone. The purpose of the survey carried out as part of the Grant Project of the University of South Bohemia GAJU 103/2023/S was to analyse how these principles are integrated into the day-to-day operation of school canteens. The online questionnaire gradually addressed the level of awareness of school canteen management about the very concept of sustainable gastronomy, the assessment of its importance within the school environment and the extent of application of selected circular principles. Attention has also been paid to communicating the sustainability of school meals with all stakeholders and educating staff. The approach of school canteens to considered changes to the school meals system has been monitored, and space has also been left for the presentation of their own proposals and comments.*

*The main challenges for Czech school meals include: opening up opportunities for local farms and businesses; using high-quality, organic raw materials as possible; respecting seasonality; greater variety and higher sensory value of prepared dishes; optimising delivery; reducing food waste; efficient waste management, especially gastro-waste; improving information of sustainable aspects of eating and strengthening mutual communication.*

**Keywords:** School canteens, sustainable school meals, principles of circular gastronomy, changes to school meals.

České ekologické manažerské centrum, z.s. a

recenzovaný časopis WASTE FORUM

zvou na konferenci

# ODPADY Z POTRAVINÁŘSTVÍ,

aneb VEDLEJŠÍ PRODUKTY A ODPADY  
Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU A ZEMĚDĚLSTVÍ

12. – 13. 11. 2024, Hustopeče

Předmětem konference jsou VEDLEJŠÍ PRODUKTY A ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU A ZEMĚDĚLSTVÍ, ale i z přípravy pokrmů v provozech veřejného stravování, přičemž nás zajímají pouze (!) materiály biologického původu, tedy nikoli například obaly. Naopak nás zajímá využití či recyklace procesních vod.

Cílem konference je nejprve zmapovat produkci vedlejších produktů a odpadů v různých oblastech předmětného oboru a stav jejich využívání. V druhé, ale pro nás v první řadě chceme představit, co se děje u nás ve výzkumu ohledně jejich možného nebo vyššího zhodnocení.

Jako aktivní účastníky zveme výzkumníky a pedagogy z univerzit i akademické a komerční sféry, aby ostatním představili, na čem pracují, a to nejen své nejčerstvější, ale i starší výsledky, kterými přispěli ke zhodnocení dříve vůbec nebo málo využívaných, a přitom hodnotných odpadů/vedlejších produktů v této oblasti. Současně zveme zástupce potravinářských podniků, aby nás seznámili s jejich odpady/vedlejšími produkty, které produkují a jejichž využití je podle jejich mínění dosud nedostatečné.

## Symposium je určeno

- **k prezentaci výsledků výzkumů** v předmětné oblasti **formou srozumitelnou a přínosnou široké odborné veřejnosti,**
- **pro zástupce podnikatelské sféry,** aby se seznámili s výzkumnými tématy a projekty, na kterých se v ČR a SR pracuje, s cílem eventuálního převzetí nebo rozvinutí dosažených výsledků v praxi a k případnému navázání spolupráce s výzkumnými pracovišti,
- **k seznámení představitelů výzkumné obce s potřebami praxe** a případnému navázání spolupráce.

Konference se koná v rámci TÝDNE VÝZKUMU A INOVACÍ PRO PRAXI A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ (TVIP 2024) 12. – 14. 11. 2024. V rámci TVIP 2024 se vedle této konference dále konají symposium **Výsledky výzkumu a vývoje pro průmyslovou a komunální ekologii ODPADOVÉ FORUM** a konference **APROCHEM** zaměřená na rizikový management. Více k nim na [www.tvip.cz](http://www.tvip.cz).

Odborným garantem konference je časopis WASTE FORUM, jehož šéfredaktor je rovněž programovým garantem konference. Vybrané příspěvky z konference plánujeme zařadit do tematického čísla WASTE FORUM 2025,1.