

## MOLINIŲ GRUNTŲ MIŠINIŲ DEFORMACIJŲ TYRIMAS

Romas GIRKONTAS<sup>1</sup>, Tadas TAMOŠIŪNAS<sup>2</sup>, Andrius SAVICKAS<sup>3</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>romas.girkontas@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>t.tamosiunas@stud.vgtu.lt; <sup>3</sup>andrius.savickas@stud.vgtu.lt*

**Santrauka.** Tyrimo tikslas – nustatyti molinio grunto mišinių džiūvant atsirandančias deformacijas. Eksperimentams buvo naudojama: a) moliniai ir molio mišinių tiltai (aukštis ~0,30 m, tarpatramis ~1,00 m, plotis 0,07–0,1 m); b) plytelės iš molio; molio, smėlio ir šiaudų (l; b; h); c) cilindrai iš molio; molio ir šiaudų; molio, šiaudų, smėlio (d; h). Pagal gautus bandymo rezultatus pateiktos rekomendacijos molinių gruntų mišinių džiovinimo technologijai taikyti. Nustatyta molinių tiltų laikomoji galia ir suirimo pobūdis. Atliekant tyrimus buvo pasinaudota Vilniaus Gedimino technikos universiteto Civilinės inžinerijos mokslo centro MTEP infrastruktūra.

**Reikšminiai žodžiai:** molis, smėlis, gruntas, šiaudai, deformacijos, tiltai, grunto ir organikos mišiniai.

### Įvadas

Ekologiškas objektas – nekenkiantis gamtinei aplinkai, netrikdantis jos pusiausvyros, pagamintas iš natūralių komponentų, neužterštas chemikalais. Ekologiški pastatai tampa itin populiarūs Lietuvoje. Dažniausiai pasitaiko ekologiškų namų, kurių pagrindinė statybinė medžiaga – molis ir šiaudai. Molinis arba šiaudinis namas – tai pastatas, kurį sudaro medinis karkasas, termoizoliacinė medžiaga – šiaudai, apsauginis tinko sluoksnis – iškastinis vienalytis molis arba iškastinio vienalyčio molio mišinys. Šiuo metu galima rasti informacijos apie bekarkasius plaušmolio (Milutienė 2006), karkasinius plaušmolio (Milutienė 2006) bei kitus įvairių statymo technologijų molinius ir šiaudinius namus (Milutienė 2006).

Kaina ir medžiagos perteklius nulemia tokių namų statybą. Molinių namų šiluminė varža 0,09 W/mK, palyginimui, skylėtų keraminių plytų mūro – 0,64 W/mK. Tad moliniai ir šiaudiniai namai (Milutienė 2006) pasižymi geromis termoizoliacinėmis savybėmis.

Statymo technologija yra įprasta, tokia kaip karkasinių namų: pirmiausia įrengiami pamatai, paskui sieninis karkasas, stogas. Sienos, pripildytos termoizoliacinės medžiagos (šiaudų), yra tinkuojamos (1 pav.). Tinkuojama gryno molio, molio ir smėlio, molio, smėlio ir šiaudų mišiniais. Tinkuojama 2–3, kartais ir daugiau kartų, priklausomai nuo tinko sudėties, drėgnumo, gaunamų rezultatų. Nutinkuota siena paliekama džiūti.

Didžiausia problema atsiranda džiūnant sienoms. Molis džiūdamas traukiasi (2 pav.), atsiranda įtempimų

nevienalyčiame tinke ir tinkas supleišėja (Doomkamp 1993; Skempton 1954; Burst 1965).

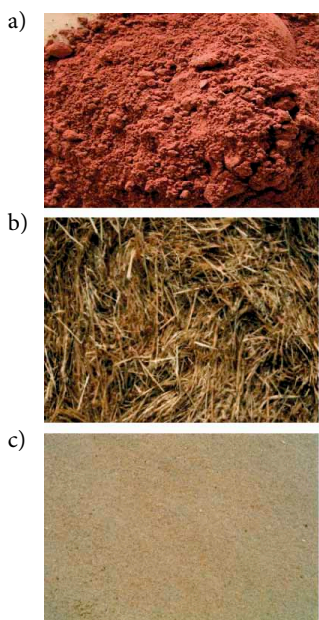
Norint išvengti ar sumažinti molio susitraukimo deformacijų dydį, daromi tinko mišiniai. Deformacijos sumažėja, tačiau išlieka, tinkas skilinėja. Ši problema sprendžiama



1 pav. Tinkuota karkasinė siena (Manonamas 2012)  
Fig. 1. Plastered frame wall (Manonamas 2012)

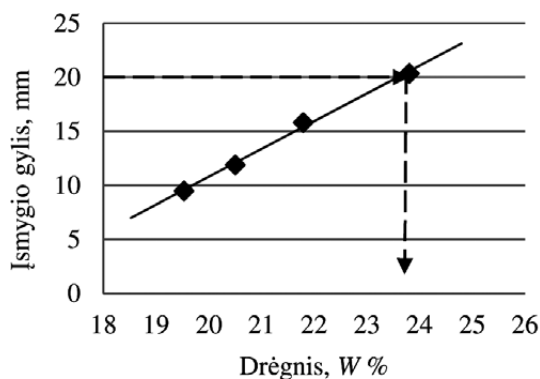


2 pav. Susitraukimo deformacijos džiūnant  
Fig. 2. Shrinkage deformation during drying



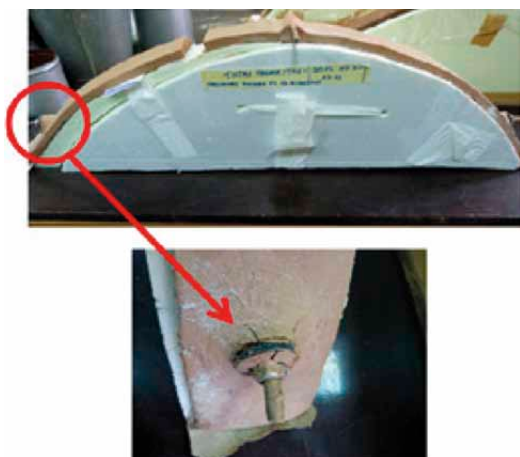
3 pav. Naudojamos medžiagos:  
a) molis; b) šiaudai; c) smėlis

Fig. 3. Used materials: a) clay; b) straw; c) sand



4 pav. Takumo drėgnio  $W_L$  nustatymas

Fig. 4. Determination of liquid limits  $W_L$



5 pav. Tiltas, suvaržytas temple

Fig. 5. Bridge with string

sieną pertinkuojant. Tokiu atveju eikvojamas laikas, darbo sąnaudos padidėja, sunku numatyti ir prognozuoti tikslų darbų baigimo laiką.

Suradus optimalią tinko mišinio sudėtį, darbų trukmė itin sumažėtų, darbų planavimas būtų daug paprastesnis, mažėtų medžiagų sąnaudų kiekiai.

Šio bandymo tikslas – nustatyti ir palyginti molio, molio (su užplidais) mišinių susitraukimo deformacijas džiūnant.

### Fizikinių ir geometrinių parametrų nustatymas

Molinio grunto mišinių fizikiniams ir geometriniams parametrų (LST EN ISO 14688-1:2007 lt; Šimkus 1984) nustatyti naudojamos medžiagos: molis, kurio dalelių dydis 0,01–2,00 mm, šiaudai – 1,00–1,50 cm, smėlis – 0,063–2,00 mm (Skuodis, Šlečkuvienė 2014; Šlečkuvienė, Skuodis 2013), vanduo (3 pav.).

Molio takumo drėgniui (Amšiejus *et al.* 2006) nustatyti naudojamas standartinis kūgis, kurio masė 80 g, o viršūnės kampas 30°. Plastiškumo drėgniui nustatyti (Medzvieckas *et al.* 2004) naudojami nedideli suminkyto molio gabalėliai (apie 20 g). Gabalėliai kočiojami iki 3,00 mm storio volelių. Plastiškumo drėgnis yra pasiekiamas tada, kai voleliuose matomi plyšiai išsidėstę 3,00–10,00 mm atstumu (Amšiejus 1989). Gauti takumo drėgnio duomenys pateikti 4 pav.

Cilindrų formos bandiniai naudojami plytelių ir tilto geometriniams parametrų nustatyti. Deformacijos nustatomos naudojant slankmatį (tikslumas  $\pm 0,02$  mm), liniuotę (tikslumas  $\pm 1,00$  mm).

### Tiltų deformacijų tyrimas

Tiriami trys bandiniai (tiltai): bandinys Nr. 1 (pagamintas iš molio), bandinys Nr. 2 (pagamintas iš molio ir šiaudų), bandinys Nr. 3 (pagamintas iš molio, panaudojant temple (5 pav.)).

Tiltams formuoti paruošiami reikiamos konsistencijos plastiški molio ir molio su šiaudais mišiniai. Suformuojamos juostos, kurios uždedamos ant arkos formos klojinių. Klojiniams naudojamas ekstruzinis polistirenas (XPS), juostos apdengiamos vandeniui nepralaidžia polietileno plėvele.

Pirmą savaitę bandiniai neatidengiami; antrą džiovinimo savaitę bandiniai buvo atidengiami po 30 min. per dieną; trečią savaitę bandiniai buvo atidengiami du kartus per dieną po 30 min. Ketvirtą savaitę tiltai buvo atidengti ir palikti džiūti. Bendra molinių tiltų džiovinimo trukmė truko 4 savaites.

Išdžiuvus tiltams, išmatuotos atramų susitraukimo deformacijos. Bandinys Nr. 3, kuris buvo suvaržytas



6 pav. Trūkio vieta  
Fig. 6. Crack place

temple, džiūdamas arkos viršuje (silpniausioje vietoje) trūko (6 pav.).

Ekspirimentiniu bandymu nustatyta tilto laikomoji galia apkraunant tilto viršūnę koncentruotąja jėga (7 pav.). Bandinys Nr. 1 (molis), kurio svoris 2,1 kg, neteko laikomosios galios (suiro) apkrovus 5,1 kg apkrova. Bandinys Nr. 2 (molis ir šiaudai) svėrė 1,9 kg, suiro apkrovus 0,5 kg.

Bandymai nebuvo tikslūs dėl: klojinių geometrinių formų netikslumo (1 lentelė), dėl eksperimentinės bandymo įrangos molinių tiltų formos pasikeitimo džiūnant ir žmogaus faktorias. Džiūnant, bandinys Nr. 2 susilankstė visomis kryptimis dėl naudojamų priemaišų – šiaudų. Šiaudai varžė molio susitraukimą, todėl atsirado tilto formos pakitimų (tilto paviršius susibangavo).

1 lentelė. Pradiniai tiltų parametrai  
Table 1. Initial parameters of bridges

Bandinio Nr.	Medžiaga	$L$ , m	$h$ , m	Drėgnis, $W\%$	Schema
1	Molinis tiltas	1,05	25,50	19,20	
2	Molinis tiltas su šiaudais	1,05	25,00	21,85	
3	Molinis tiltas su temple	1,10	27,5	15,39	



7 pav. Tilto laikomosios galios nustatymas  
Fig. 7. Investigation of bridge bearing capacity

### Plytelių deformacijų tyrimas

Tyrimui pagaminti keturi bandiniai (2, 3 lentelės): bandiniai Nr. 1 ir Nr. 2 pagaminti iš molio, bandiniai Nr. 3 ir Nr. 4 pagaminti iš molio, šiaudų ir smėlio mišinio. Bandiniai Nr. 1 ir Nr. 3 džiūvinami atidengti, bandiniai Nr. 2 ir Nr. 4 džiūvinami uždengiant polietileno plėvele.

2 lentelė. Molio plytelių bandinių aprašymas  
Table 2. Determination of clay tiles samples

Bandinio Nr.	Medžiaga	Džiūvimo sąlygos	Schema
1	molis	atidengtas	
2	molis	uždengtas	
3	molis su smėliu ir šiaudais	atidengtas	
4	molis su smėliu ir šiaudais	uždengtas	

3 lentelė. Molio plytelių geometriniai parametrai

Table 3. Geometric parameters of clay tiles

Bandinio Nr.	Pradiniai geometriniai parametrai			Galutiniai geometriniai parametrai		
	L, mm	b, mm	h, mm	L, mm	b, mm	h, mm
1	200,0	64,0	11,0	190,0	59,0	9,0
2	192,0	60,0	9,5	184,0	56,0	9,0
3	197,0	60,0	13,0	192,0	59,0	11,0
4	195,0	60,0	11,0	191,0	60,0	10,0

Plytelių geometriniai parametrai yra panašūs, todėl galima nustatyti ir palyginti susitraukimo deformacijas naudojant skirtingas medžiagas bei skirtingą džiovinimo metodiką. Džiovinimo technologija taikoma tokia pati, kaip aprašyta tiltų susitraukimo tyrime. Galutinai išdžiuvus plytelėms nustatytos susitraukimo deformacijos (4 lentelė).

4 lentelė. Plytelių susitraukimo deformacijos

Table 4. Clay shrinkage deformations

Bandinio Nr.	Deformacijos			
	L, mm	b, mm	h, mm	%
1	10,0	5,0	2,0	10,27
2	8,0	4,0	0,5	5,38
3	5,0	1,0	2,0	6,53
4	4,0	0	1,0	3,72

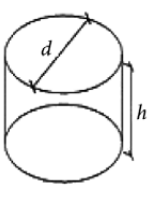
### Cilindrinų bandinių deformacijų tyrimas

Tiriami trys bandiniai (5 lentelė): bandinys Nr. 1, pagamintas iš molio, bandinys Nr. 2, pagamintas iš molio ir šiaudų, bandinys Nr. 3, pagamintas iš molio, šiaudų ir smėlio. Bandiniai nestandartinių matmenų dėl riboto bandymų cilindrių kiekio.

Bandiniai buvo gniuždomi norint nustatyti gniuždomąjį stiprį, tačiau to padaryti nepavyko, nes CIMC Gruntų fizinių ir mechaninių savybių tyrimo laboratorijos prietaisais (ADS1/3) nesugniuždė bandinio dėl to, kad buvo pasiekta ribinė reikšmė (1,25 MPa).

5 lentelė. Cilindrinų bandinių parametrai

Table 5. Parameters of cylindrical samples

Bandinio Nr.	Medžiaga	Geometriniai parametrai		Schema
		h, mm	d, mm	
1	Molis	40,26	83,06	
2	Molis su šiaudais	41,77	82,62	
3	Molis su šiaudais ir smėliu	19,76	70,02	

### Išvados

Išmatavus tiltų susitraukimo deformacijas, nustatyta, kad tiltas iš molio susitraukė 4,2 %. Tiltas iš molio ir šiaudų susitraukė 2,3 %. Tiltas su temple, kuris buvo pagamintas tik iš molio, susitraukė 7,3 %.

Atlikus tiltų laikomosios galio bandymus, molinis tiltas atlaikė 5,1 kg apkrovą, tai 2 kartus daugiau negu tilto savasis svoris; molio ir šiaudų tiltas atlaikė 0,5 kg apkrovą, tai ¼ karto mažiau, negu svėrė šiaudų tiltas; molinis tiltas su temple nebuvo išbandytas, nes, džiūnant tiltui, įrengta metalinė templė neleido laisvai jam deformuotis, dėl šių suvaržymų susitraukimo deformacijos pasireiškė ne tik tilto atramos, bet ir šalia tilto apkrovimo vietos (plyšio deformacijų tarpas 44 mm).

Plytelių džiovinimo technologija 43–48 % sumažino susitraukimo deformacijas. Lyginant plyteles, pagamintas iš molio, su plytelėmis, pagamintomis iš šiaudų, molio ir smėlio, molio plytelės susitraukė 31–36 % daugiau.

Norint pasiekti mažiausias deformacijas džiūnant tiltams, reikėtų nustatyti molio, dulkių, smėlio, žvyro ir šiaudų mišinio proporcijas.

### Padėka

Atliekant tyrimus buvo pasinaudota Vilniaus Gedimino technikos universiteto Civilinės inžinerijos mokslo centro MTEP infrastruktūra.

Darbą prižiūrėjo ir rūpimais klausimais konsultavo dėstytojas Šarūnas Skuodis.

### Literatūra

- Amšiejus, J. 1989. *Gruntų mechanikos laboratoriniai darbai: metodikos nurodymai*. Vilnius: Technika.
- Amšiejus, J.; Mackevičius, R.; Medzvieckas, J.; Sližytė, D.; Stragys, V. V. 2006. *Gruntų fizinės ir mechaninės savybės, laboratoriniai darbai* [Soil physical and mechanical properties, Laboratory testing]. Vilnius: Technika. 164 p.
- Burst, J. F. 1965. Subaqueously formed shrinkage cracks in clay, *Journal of Sedimentary Research* 35(2): 348–353.
- Doornkamp, J. C. 1993. Clay shrinkage induced subsidence, *The Geographical Journal* 159(2): 196–202. <http://dx.doi.org/10.2307/3451410>
- LST EN ISO 14688-1:2007 lt. *Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. Atpažintis ir aprašymas* [Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description]. LSD, 2007. 14 p.
- Manonamas. 2012. *Statome šiaudinių namą 2011 08* [interaktyvus], [žiūrėta 2014 m. vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: [http://manonamas.blogas.lt/files/2011/08/dsc\\_2810.jpg](http://manonamas.blogas.lt/files/2011/08/dsc_2810.jpg)
- Medzvieckas, J.; Sližytė, D.; Stragys, V. 2004. *Soil mechanics. Laboratory testing manual*. Vilnius: Technika. 79 p.

- Milutienė, E. 2006. Šiaudiniai namai – aplinką tausojančios visuomenės pasirinkimas [interaktyvus], [žiūrėta 2014 m. vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.siaudunamai.lt/downloads/Siaudiniai%20namai%20%E2%80%93%20aplinka%20tausojancios%20visuomenes%20pasirinkimas.pdf>
- Skempton, A. W. 1954. A foundation failure due to clay shrinkage caused by poplar trees, *ICE Proceedings* 3(1): 66–86.
- Skuodis, Š.; Šlečkuvienė, A. 2014. Smėlinio grunto dalelių vaizdų analizė skenuojančiu elektroniniu mikroskopu [Sand soil grains view analysis via scanning electronic microscope], iš *17-osios Jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios 2014 m. gegužės 8 d., Vilnius, Lietuva.
- Šimkus, J. 1984. *Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai: vadovėlis resp. aukšt. m-klų pram. ir civil. statybos spec. studentams*. Vilnius: Mokslas.
- Šlečkuvienė, A.; Skuodis, Š. 2013. Smėlinių gruntų dalelių formos įtaka deformacinės savybėms [Influence of sand grains morphological parameters for deformation properties], iš *16-osios Jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios 2013 m. gegužės 22–24 d., Vilnius, Lietuva.

## RESEARCH OF DEFORMATION OF CLAY SOIL MIXTURES

**R. Girkontas, T. Tamošiūnas, A. Savickas**

### Abstract

The aim of this article is to determine clay soils and clay soils mixtures deformations during drying. Experiments consisted from: a) clay and clay mixtures bridges (height ~ 0,30 m, span ~ 1,00 m); b) tiles of clay and clay, sand and straw (height, length, wide); c) cylinders of clay; clay and straw; clay, straw and sand (diameter; height). According to the findings recommendations for clay and clay mixtures drying technology application were presented. During the experiment clay bridge bearing capacity and failure mode were determined. For investigations Vilnius Gediminas Technical University Civil Engineering Scientific Research Center infrastructure was used.

**Keywords:** clay, sand, soil, straw, deformation, bridges, organic mixtures.