

## THE ANALYSIS OF SPEED AND PRESSURE OF WIND IN RAINY WEATHER

V. Paukštys & V. Stankevičius

To cite this article: V. Paukštys & V. Stankevičius (2001) THE ANALYSIS OF SPEED AND PRESSURE OF WIND IN RAINY WEATHER, *Statyba*, 7:1, 68-72, DOI: [10.1080/13921525.2001.10531701](https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531701)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531701>



Published online: 30 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 112

---

## VĒJO SLĒGIO IR JO GREIČIO KITIMO LYJANT ANALIZĖ

V. Paukštys<sup>1</sup>, V. Stankevičius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Kauno technologijos universitetas,*

<sup>2</sup>*Architektūros ir statybos institutas*

### 1. Įvadas

Oro judėjimą gamtoje – vėją sužadina slėgių skirtumai tarp skirtingų atmosferos zonų, kurių pasiskirstymas priklauso nuo įvairių Žemės rajonų šiluminės būsenos. Atmosferos zonų tarpusavio padėtis ir slėgių kritimo trajektorija nusako vėjo kryptį, o slėgių skirtumas – vėjo greitį. Be to, vėjo greitis ir kryptis labai priklauso ne tik nuo bendrosios atmosferos cirkuliacijos, bet ir nuo vietovės reljefo.

Vėjo poveikis pastatų eksploatavimui gali būti teigiamas, nes jis vėdina, džiovina, vėsina arba šildo, trukdo vėsiam nakties orui pasiekti žemės paviršių, ir neigiamas, nes jis neša dūmus ir kvapus, įpučia į atitvaras ir medžiagas vandenį, atšaldo konstrukcijų paviršių, dėl jo per laidžias konstrukcijas arba jų sandūras oras patenka į patalpas ar išeina iš jų, pripusto sniego, veikia, kartais griauančiai jėga, pastatus, statinius ir laikančiąsias konstrukcijas [1].

Oro judėjimo apie pastatus problemas Lietuvoje intensyviai pradėta spręsti 1960–1970 metais. Pagrindiniai tyrimų tikslai buvo nustatyti oro srautus apie pastatą, o gauti duomenys dažniausiai buvo naudojami projektuojant ir statant aukštus pastatus, gamyklas, elektros linijas.

Projektuojant statinius reikia žinoti: vėjų kartojimąsi (procentais) pagal pasaulio šalių kryptis (rumbus); vidutinį vėjų greitį įvairiu metų laiku; vyraujančią vėjų kryptį sezonais ir mėnesiais; vyraujančią vėjų greitį įvairiomis kryptimis ir metų laikais; vėjų trukmę ir kartojimąsi pagal jų greitį; didžiausią vėjų greitį per tam tikrą periodą – 1 metus, 5, 10, 15 ir 20 metų.

Tačiau nepakanka tirti vien tik vėjo poveikį pastatų konstrukcijoms, kadangi išorinius pastatų paviršius veikia ne tik vėjas, bet ir lietus. Didelė dalis lietaus patenka ant atitvarų išorinio paviršiaus, skverbiasi gilyn

ir ardo atitvaros paviršiaus sluoksnio medžiagą. Lietus prateka per atitvarines konstrukcijas, jų paviršinių sluoksnį dėl prastos surenkamųjų elementų kokybės ir netinkamo transportavimo, dėl to, kad jie netiksliai sumontuojami, nepakankamai įvertinamos statybos rajono klimatinės sąlygos.

Šiuo metu atitvaroms naudojamos naujos daugiasluoksnės statybinės medžiagos, kuriose yra daug montavimo siūlių, todėl kompleksinis lietaus ir vėjo poveikis joms yra ypač pavojingas.

### 2. Tyrimų tikslas

Atsižvelgiant į tai, kad anksčiau surinkti duomenys apie klimatinę sąlygų kitimą ir atlikti konstrukcijų įmirčio lietaus su vėju metu eksperimentiniai tyrimai nepakankamai tiksliai įvertinami tyrimuose ir projektuose, šių tyrimų tikslas: pagal statistinius klimato duomenis palyginti vidutinius vėjo greičius lyjant ir nelyjant, surinkti trūkstamą statybinės klimatologijos duomenų dalį, kurios reikia atitvarų ilgaamžiškumo problemai spręsti.

### 3. Vėjo slėgis į konstrukcijos paviršių

Atviroje erdvėje vėjas, sutikęs kliūtį – pastatą, statinių grupę, net didesnę vandens ar želdynų telkinį, jį apteka nevienodai – tai mažindamas greitį ir slėgį, tai keisdamas kryptį, tai sukeldamas praretinto oro laukus (neigiamas slėgis) ar sužadindamas sūkurius. Kartais sūkurinio srauto greitis priešvėjinėje pusėje net kelis kartus gali viršyti skaičiuojamąjį vėjo greitį horizontaliojoje plokštumoje. Dėl tos priežasties labai greitai suyra sūkurių apiplaunama pastatų apdaila ir jų elementai.

Lietus pučiant vėjui drėkina pastatų atitvarų vertikalios paviršius. Norint prognozuoti pastatų įdrėkimo nuo lietaus vertes, reikia žinoti vėjo slėgio pasiskirstymą prie pastato fasado. Vėjo slėgio pasiskirstymo

atitvarinių konstrukcijų paviršiuose tyrimai parodė [2], kad didžiausi teigiami vėjo slėgiai susidaro fasaduose, statmenuose vėjo kryptčiai.

Statinė apkrova, susidaranti bet kuriame j-ajame konstrukcijos taške, proporcinga oro srauto slėgiui ir kūno paviršiaus plotui  $S$ , statmenam vėjo greičio vektoriui:

$$\bar{R}_j = c_R \cdot \frac{\rho \cdot \bar{v}_j^2}{2} \cdot S, \quad (1)$$

$\bar{R}_j$  – statinė apkrova, veikianti j-ajame taške, kg;  $\rho$  – oro tankis, kg/m<sup>3</sup>;  $S$  – kūno paviršiaus plotas, m<sup>2</sup>;  $g$  – laisvojo kritimo pagreitis ( $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>);  $c_R$  – aerodinaminis koeficientas;  $v$  – vidutinis vėjo greitis, m/s.

Vėjo gūšiai, taip pat oro srauto tekėjimo sutrikimai, atsirandantys jiems aptekant gretimai stovinčius pastatus, lemia dinaminių apkrovų dydžius. Apkrovos ir jų sukelti įtempimai konstrukcijose paprastai įvertinami kaip papildomos statinės apkrovos, tačiau jas įvertinti yra būtina.

Natūriniai tyrimai [3] parodė, kad vėjo gūšiai sukelia pastatų svyravimus. Nuo šių svyravimų intensyvumo priklauso dinaminiai įtempimai, dėl kurių gali atsirasti plyšiai sienose ir pablogėti viso pastato eksploatacinės savybės. Skaičiuojant aukštų pastatų patvarumą įvertinant vidutinį vėjo greičio kitimą pagal aukštį, kartu reikia įvertinti ir dinamines apkrovas, susidarancias dėl vėjo gūšių.

Pavojingas vėjo greitis gūšio metu, lemiantis dinamines apkrovas, gali būti išreikštas formule:

$$v_j(t) = \frac{\bar{v}_j + v'_j(t)}{2}, \quad (2)$$

$\bar{v}_j$  – vidutinis vėjo greitis, m/s;  $v'_j(t)$  – vėjo gūšio greitis, m/s;  $v_j(t)$  – vidutinis vėjo greitis (t) laiko momentu, m/s.

Slėgis, veikiantis j-ajame taške, įvertinant statines ir dinamines apkrovas, gali būti išreikštas tokia matematine išraiška:

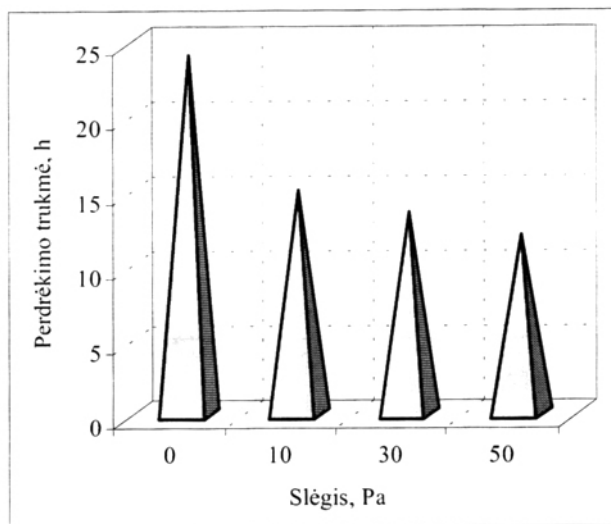
$$R_j(t) = \bar{R}_j + R'_j(t), \quad (3)$$

$R'_j(t)$  – dinaminė apkrova, veikianti j-ajame taške, kg;  $\bar{R}_j$  – statinė apkrova, veikianti j-ajame taške, kg.

Pagrindinis veiksnys, lemiantis slėgio į atitvaros paviršių dydį, yra vėjo greitis. Tai reiškia, kad net ir dėl nedidelių vėjo greičio apskaičiavimo netikslumų galima gauti dideles susidarancio slėgio skirtumų paklaidas. Rei-

kia kuo tiksliau nustatyti visus galimus vėjo greičius reikiamame klimatiniam rajone, kad būtų galima tiksliai nustatyti laikančiųjų konstrukcijų patvarumą, svyravimų charakteristikas, esant kritiniams vėjo greičiams, ir dar projektavimo stadijoje parinkti patikimiausią konstrukcijos tipą.

Tiriant kompleksinį klimato poveikį, t.y. bendrą lietaus ir vėjo įtaką išorinių sluoksnių drėgminiam būviui, kaip rodo [4] tyrimų duomenys, buvo nustatyta, kad viena pagrindinių priežasčių, lemiančių apsauginės apdailos sienutės iš skelto paviršiaus silikatinių plytų, sumūrytų cemento ir kalkių skiediniu, perdrėkimo trukmę, yra vėjo greitis lyjant.



**1 pav.** Skelto paviršiaus silikatinių plytų mūro su cemento ir kalkių skiediniu sienutės perdrėkimo trukmės priklausomybė nuo slėgio

**Fig 1.** Dependence of moisture content in sand-lime brick with chipped off surface on cement-lime mortar due to wind pressure

Bandant sumūrytą sienutę, veikiamą lietaus ir vėjo, buvo pastebėta, kad pirmiausia drėgmės dėmės kitoje atitvaros pusėje pasirodo ties siūlėmis. Vadinasi, atitvarinių konstrukcijų pralaidumas dažniausiai susijęs su mazgų konstrukcinėmis ypatybėmis, montavimo kokybe ir rečiau – su pačios atitvaros medžiagų savybėmis. Vanduo kartu su infiltruojamu oro srautu patenka per siūlių plyšius ir nesandarumus. Vėjo slėgį didinant nuo 0 iki 50 Pa, sienutės perdrėkimo trukmė sutrumpėja apie 3 kartus.

Dabartinėse statybinėse normose vėjo poveikis vertinamas pagal vidutinį jo greitį, neišskiriant vidutinio

greičio lietu lyjant ir kai nelyja [5]. Kadangi statybinės klimatologijos normose duomenų apie vėjo greitį lyjant nėra, buvo užsibrėžta atlikti statistinę klimatinį duomenų analizę, kuria būtų nustatyta, kaip pasikeičia vidutinis vėjo greitis lyjant.

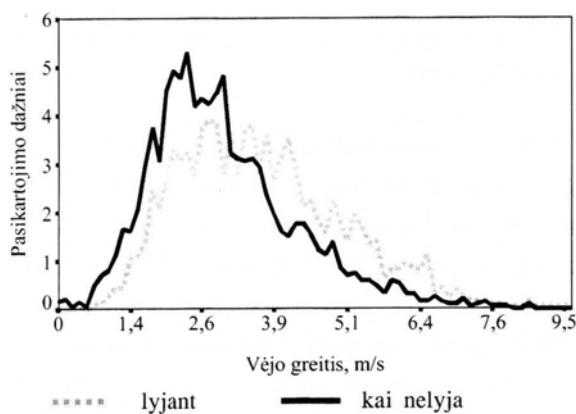
#### 4. Vėjo greičio pokyčių analizė

Meteorologinėse stotyse horizontalus vėjo greitis metrais per sekundę matuojamas vėjarodžiais arba anemorumbometrais M-63M-1, įrengtais meteorologijos aikštelėse 10–13 m aukštyje nuo žemės paviršiaus. Anemorumbometras automatiškai išmatuoja 10 min vidutinį vėjo greitį nuo 1 iki 60 m/s. Pagal pasirinktą metodiką (remiantis archyviniais pastarųjų 10 metų Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos meteorologinių stebėjimų duomenimis) buvo lyginamas vėjo greitis lyjant ir kai nelyja: bendras, skirtingais mėnesiais ir esant skirtingai vėjo krypčiai.

Vidutiniai vėjo greičiai

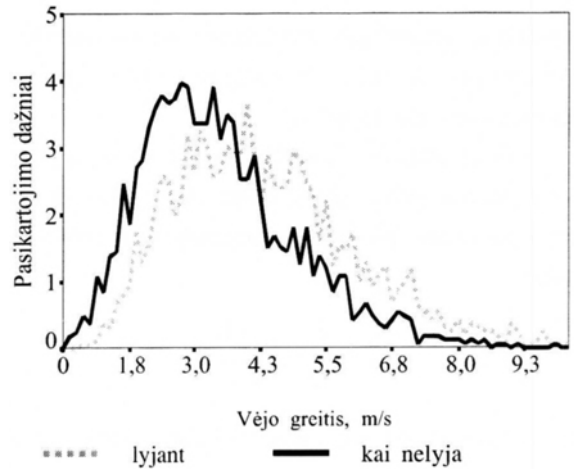
Mean wind speeds

Miestas	Vidutinis vėjo greitis, m/s	
	lyjant	kai nelyja
Vilnius	3,66	2,92
Kaunas	4,33	3,44
Klaipėda	5,12	3,59



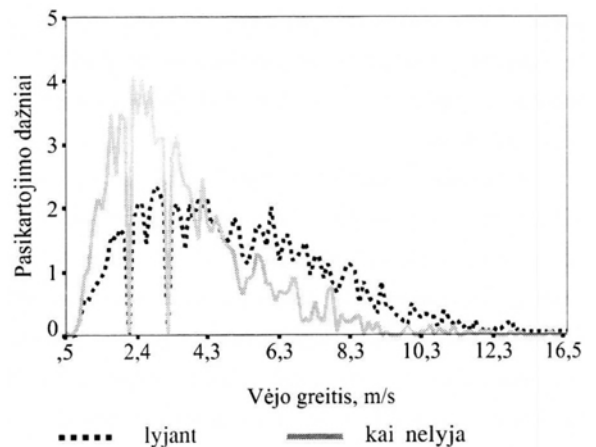
2 pav. Vilniaus miesto vėjo greičio santykinų dažnių histograma

Fig 2. Histogram of wind speed relative frequency for Vilnius



3 pav. Kauno miesto vėjo greičio santykinų dažnių histograma

Fig 3. Histogram of wind speed relative frequency for Kaunas



4 pav. Vėjo greičio Klaipėdoje santykinų dažnių histograma

Fig 4. Histogram of wind speed relative frequency for Klaipėda

Vidutinio vėjo greičio padidėjimas lyjant gali būti apskaičiuotas taip:

$$\bar{v}_{vid} = \frac{v_{vidl} - v_{vid}}{v_{vid}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

$v_{vid}$  – vidutinis vėjo greitis, kai nelyja, m/s;  $v_{vidl}$  – vidutinis vėjo greitis lyjant, m/s;  $\bar{v}_{vid}$  – vėjo greičio padidėjimas, %.

Iš 2, 3 ir 4 paveikslų matome, kad nelyjant dažniausi 2 – 3 m/s vėjo greičiai. Lyjant vėjo greitis dažniausia būna didesnis, palyginti su vėju, kai nelyja.

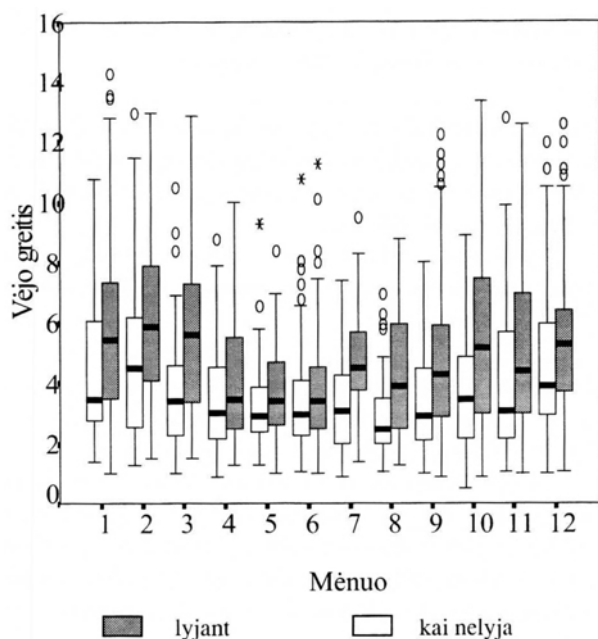
Palyginę pastarųjų 10 metų vėjo greičio duomenis gavome, kad Kauno ir Vilniaus miestuose vidutinis

vėjo greitis lyjant yra apie 26% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja.

Tuo tarpu Klaipėdoje vidutinis vėjo greitis padidėja nuo 3,59 m/s, kai nelyja, iki 5,12 m/s, kai lyja. Iš gautų rezultatų matome, kad Klaipėdoje vėjo greitis lyjant yra apie 42% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja.

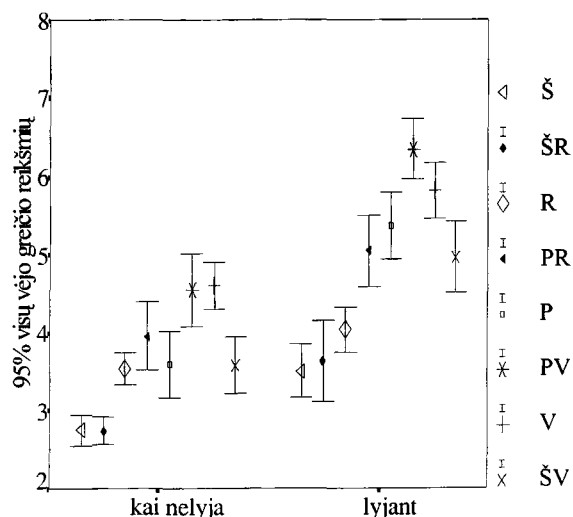
Be to, iš rezultatų matome, kad Klaipėdoje 95% visų vėjų lietui lyjant yra silpnesni kaip 10 m/s ir tik 5% vėjų greitis viršija 10 m/s. Tuo tarpu Kaune 95% visų vėjų lietui lyjant yra silpnesni kaip 7,4 m/s, o Vilniuje silpnesni kaip 6,4 m/s.

Kadangi didžiausius vidutinių vėjo greičių skirtumus lyjant ir kai nelyja gavome Klaipėdos mieste, todėl tolesni teoriniai skaičiavimai atlikti tik Klaipėdos miestui, imant skirtingų mėnesių ir skirtingų vėjo krypčių duomenis.



5 pav. Vėjo greičio pasiskirstymas mėnesiais Klaipėdoje  
Fig 5. Wind speed monthly distribution in Klaipėda

Iš gautų rezultatų matome, kad dažniausiai lyja ir stipriausi vėjai pučia rudens ir žiemos mėnesiais, pavasarėjant vėjai rimsta, bet darosi nepastovesni. Lyginant vidutinius vėjo greičius lietui lyjant ir kai nelyja, matyti, kad didžiausias skirtumas gautas kovo mėnesį. Vidutinis vėjo greitis, kai nelyja 3,52 m/s, tuo tarpu lyjant vidutinis vėjo greitis yra 5,65 m/s. Palyginę šiuos rezultatus matome, kad vėjo greitis lyjant yra apie 60% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja.



Vėjo kryptys: P – pietų; R – rytų; V – vakarų; Š – šiaurės; PV – pietvakarių; ŠV – šiaurės vakarų; ŠR – šiaurės rytų; PR – pietryčių

6 pav. Skirtingų krypčių vėjo greičio pasiskirstymas Klaipėdos mieste

Fig 6. Different direction wind speed distribution in Klaipėda

Palygę skirtingų vėjo krypčių vidutinius greičius lyjant ir kai nelyja matome, kad lyjant lietui dažniausiai pučia vakarų krypties vėjai, tačiau stipriausi yra pietvakarių vėjai. Palyginę vidutinius vėjo greičius lietui lyjant ir kai nelyja, matome, kad didžiausias skirtumas gautas pučiant pietvakarių krypties vėjams. Vidutinis vėjo greitis, kai nelyja, siekė 4,6 m/s, tuo tarpu lietui lyjant vidutinis vėjo greitis siekė 6,35 m/s. Palyginus šiuos rezultatus gauta, kad vėjo greitis lyjant yra apie 38% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja.

## 5. Išvados

1. Kauno ir Vilniaus miestuose vidutinis vėjo greitis lietui lyjant yra apie 25% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja. Tuo tarpu Klaipėdoje vidutinis vėjo greitis padidėja nuo 3,59 m/s, kai nelyja, iki 5,12 m/s, kai lyja, t. y. apie 40%.

2. Lietui lyjant Klaipėdoje dažniausiai pučia vakarų krypties vėjai, tačiau stipriausi yra pietvakarių vėjai. Lyginant skirtingų krypčių vidutinius vėjo greičius lietui lyjant ir kai nelyja, didžiausias skirtumas gautas pučiant pietvakarių krypties vėjams. Jiems pučiant vidutinis vėjo greitis, kai nelyja, siekė 4,6 m/s, o lyjant lietui 6,35 m/s. Vėjo greitis lyjant yra apie 38% didesnis už vėjo greitį, kai nelyja.

3. Išanalizavę Klaipėdos miesto vėjo greičių skirtumus skirtingais mėnesiais gavome, kad didžiausias vėjo greičių skirtumas lietui lyjant ir kai nelyja gautas kovo mėnesį, jis siekė 60%.

4. Sudarant klimatologines statybos normas tikslin-ga įvertinti vėjo greičio padidėjimą lietui lyjant.

#### Literatūra

1. V. Barkauskas, V. Stankevičius. Pastatų atitvarų šiluminė fizika. Kaunas: Technologija, 2000. 286 p.
2. И. Беспозванная и др. Воздействие ветра на высокие сплошностенчатые сооружения. Москва: Стройиздат, 1976. 184 с.
3. Э. Симиу, Р. Сканлан. Воздействие ветра на здания и сооружения. Москва: Стройиздат, 1984. 358 с.
4. V. Paukštys. Lietaus su vėju poveikis pastatų išorinių sienų apsauginės apdailos sienutės drėgminiam būviui // Statyba, VI tomas, Nr. 4. Vilnius: Technika, 2000, p. 268–271.
5. Statybinė klimatologija. RSN 156-94 / Lietuvos Respubli-kos Statybos ir urbanistikos ministerija. Vilnius, 1995. 136 p.

Įteikta 2000 11 08

#### THE ANALYSIS OF SPEED AND PRESSURE OF WIND IN RAINY WEATHER

V. Paukštys, V. Stankevičius

#### Summary

It is not enough to investigate only the effect of wind on buildings, because deterioration of exterior surfaces of buildings is caused by wind and moisture together. A considerable part of rain gets into the exterior surface of enclosure, penetrates deep down and destroys the material of surface layer. The rain passes through enclosure construction and its surface layer due to wind pressure, through joints of the elements and cracks caused by improper transportation as well as by an inaccurate assembling.

At present, new multilayer constructional elements are used for building envelope having numerous assembling seams, therefore, the combined influence of rain and wind becomes rather dangerous.

It was established that the wind velocity during the rain is one of the main reasons predetermining moisture penetration into protective-decorative walls made of sand-lime brick with split surface, on concrete-lime mortar, according to the analysis of combined influence of the climate by research data [4]. The total effect of rain and wind on the humidity condition of exterior layers is described.

Distribution of real wind velocity was estimated according to the data of the last 10 years. It was found that in Kaunas the average wind velocity increases from 3,4 m/s when the rain is absent up to 4,3 m/s and in Vilnius – the average wind velocity increases from 2,9 m/s when the rain is absent up to 3,7 m/s with an increase of approximately 26%, while in Klaipėda the average wind velocity increases from 3,6 m/s when the rain is absent up to 5,1 m/s with an increase of approximately 42%.

On the base of the investigations carried out the suggestion is proposed to use the maximum and mean wind velocity values at the rain for estimating the effect of wind to the moisture behaviour in building elements

.....  
**Valdas PAUKŠTYS**. Postgraduate. Kaunas University of Technology (KTU), Faculty of Civil Engineering and Architecture, Dept of Building Materials, Studentų g. 48, LT-3028 Kaunas, Lithuania. E-mail:silfiz@asi.lt

A graduate of KTU, 1995. Research interests: moisture penetration into building constructions, type approval of building construction.

.....  
**Vytautas STANKEVIČIUS**. Doctor Habil, Professor. Institute of Architecture and Construction (IAC), Tunelio g. 60, LT-3035 Kaunas, Lithuania. E-mail: silfiz@asi.lt

Senior Researcher (1964–68), since 1968 – head of Thermal Building Physics Laboratory (IAC). Doctor (1966), Doctor Habil (1991). Professor (1995). Expert member of Lithuanian Academy of Sciences. Author of 182 papers, 3 patents, 2 monographs, 2 study guides, 15 building normative documents.