

נוהל להגשת בדיקות רוחות בבת ים

כללי

תכנון המבנים יתחשב במשטר הרוחות האופייני באתר לצורך הבטחת נוחות הולכי הרגל בסביבתו

חלות¹

בנינים גבוהים עפ"י הגדרתם בתמ"מ 5.

הערה: מהנדס העיר ראשי לדרוש בדיקת רוחות גם במקרים אחרים כאשר ישתכנע כי התנאים האקלימיים ו/או הפעילות המתוכננת במקום רגישה במיוחד לשינויים בדפוסי הרוח.

השלב בתהליך התכנון בו תידרש הבדיקה יתואם עם מנהל הנדסה בעירייה.

מתודולוגיה

יש לבצע בדיקת חישוב ידני על-פי הנוהל המוסבר ב"קריטריונים להבחנת בעיות רוח בשלבי תכנון מוקדמים"². במקרה ותוצאות הבדיקה מראות חריגה מהקריטריונים במסמך לעיל יש לבצע בדיקה במנהרת רוח או במודל ממחושב CFD לפי הנוהל המפורט למטה. ניתן, כמובן, להראות תוצאות מודל CFD, ללא בדיקת חישוב ידני מוקדמת.

נוהל לבדיקה ממוחשבת על-ידי מודל CFD

קריטריונים

קריטריון 1: נוחות מכאנית

טבלה 1: אחוז הזמן המותר לעוצמות הרוח באזורים עירוניים שונים.

אחוז חריגה מותר ממהירות 9 מ/ש	אחוז חריגה מותר ממהירות 6 מ/ש	אזור
10%	20%	רחובות וחניות
10%	15%	אזור עסקים ומסחר
10%	15%	אזור מגורים וכניסות לבניינים
5%	10%	אזורי שהות בישיבה (מסעדות פתוחות, כיכרות עירוניות, שטחים ציבוריים פתוחים)

¹ אגף הנדסה רשאי לדרוש הפעלת הנוהל גם במקרים אחרים

² במ.פורה, מ. פצ'יוק, 1980, קריטריונים להבחנת בעיות רוח בשלבי תכנון מוקדמים, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, התחנה לחקר הבנייה

קריטריון 2 - בטיחות הולכי רגל:

טבלה 2: קריטריון בטיחות הולכי רגל

אחוז חריגה מותר ממהירות 20 מ/ש	אחוז חריגה מותר ממהירות 15 מ/ש	אזור
0.01%	1.5%	כל אזור הבדיקה

מתודולוגיה לבדיקת CFD

- יש לפרט את שם המודל ועיקרי התכונות החישוביות שלו. תכנות מאושרות לשימוש במתודולוגיה זו יהיו בגרסת אלפא, יערכו הדמית רוח תלת ממדית, ויתחשבו באפקט הגברת הרוח כפונקציה של הגובה (גרדיאנט הרוח). ראה נספח א' תוכנות מוכרות.
 - במידה ונעשה שימוש בנתונים מקובץ אקלימי של תחנה מטאורולוגית, על הנתונים להיות בצפיפות דיגום של שעה לפחות מבוקרים ומאומתים, ולכסות את חמש השנים האחרונות במלואם.
 - יש להחיל חישוב על נתוני התחנה המטאורולוגית אשר יפצה על הבדלי "חספוס" הקרקע בין אזור התחנה המטאורולוגית ובין אזור הבדיקה ובין גובה התחנה.
- החישוב יתבסס על הנוסחה הבאה (5.1):

$$U_z^* = \left(\frac{Z_g}{Z} \right)^a * \left(\frac{Z^*}{Z_g^*} \right)^a * U_{10}^*$$

כאשר:

U*_z – מהירות הרוח באזור הנבדקZ_g – גובה גרדיאנט הרוח באזור התחנה המטאורולוגית

Z – גובה המדידה בתחנה המטאורולוגית (בד"כ 10 מ')

a – מקדם החספוס של התחנה המטאורולוגית (ללא יחידות)

Z*_g – גובה גרדיאנט הרוח באזור הנבדק

Z* – גובה הרוח אותה מקבלים – 1.5 מ'

a* – מקדם החספוס של האזור הנבדק (ללא יחידות)

U₁₀ מהירות הרוח כפי שנמדדה בתחנה המטאורולוגית.

את מקדם החספוס וגובה הגרדיאנט ניתן לחלץ מהטבלה הבאה

טבלה 3.2 – מקדמי חספוס

סוג השטח	תנאי השטח	מקדם החספוס	גובה גרדיאנט הרוח
שטח פתוח	שטח פתוח חשוף לרוח הנעה בחופשיות	0.15	300
שטח כפרי	שטח פתוח בעל מכשולים מפוזרים שאינם גבוהים מ 10 מ'	0.2	400
שטח בנוי	שטחים עירוניים פרבריים שיש בהם בניינים עד 7 קומות	0.25	400
שטח עירוני אינטנסיבי	מרכזי ערים בהם בניינים מעל 7 קומות	0.33	500

ההדמיה תהיה תלת ממדית ויוצגו תוצאות לגובה של 1.5 מ' מעל פני הקרקע

4. ישנן שתי אפשרויות לביצוע ההדמיה

אפשרות א' - (מועדפת) המודל הממוחשב מקבל את נתוני הרוחות מקובץ אקלימי ומחשב הן את עוצמות הרוח והן את שכירותם באזור הנבדק בצורה אוטומטית.

אופציה ב' - המודל הממוחשב מקבל כקלט נתון רוח יחידי (מהירות וכיוון) ומחשב את מהירות הרוח המתקבלת באזורים השונים במודל במצב זה.

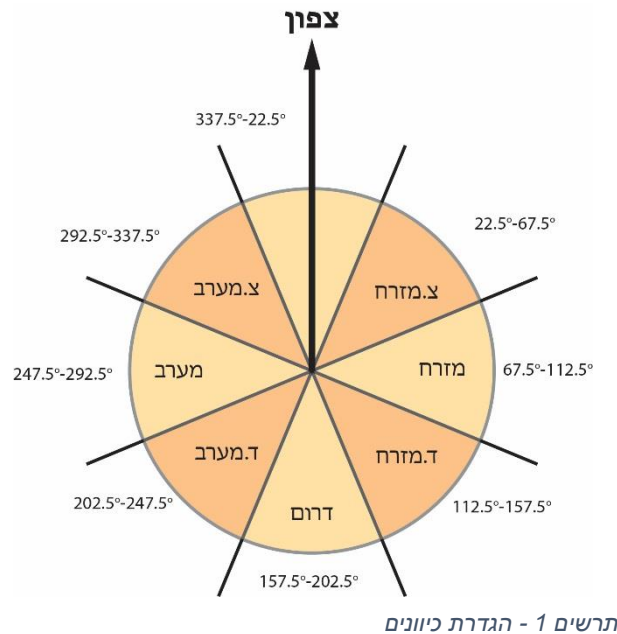
ב-1 יערכו לפחות 8 הדמיות ללפחות 8 כיווני רוח (בסטייה אחידה של לפחות 45 מעלות אחד מהשני): צפון, צפון-מזרח, מזרח, דרום-מזרח, דרום, דרום-מערב, מערב, צפון-מערב. מהירות הרוח שתוכנס למודל תהיה 5 מ/ש בגובה 10 מ'.

ב-2 יבחרו לפחות 5 נקודות בדיקה בהתאם לאזורים המצוינים בקריטריונים. נקודות אלה יכללו לפחות את כניסות הבניין העיקריות, אזורי שהיה ואזורי מסחר במרחב הציבורי, אזורי חנייה עילית וכן את צידי הבניין. במידה והבניין כולל שטחים ציבוריים מעל מפלס הקרקע ימוקמו נקודות בדיקה גם במפלס זה.

ב-3 לכל נקודת בדיקה יש לחשב את מקדם הגברת הרוח בכל הדמיה. מקדם ההגברה הוא תוצאה של חלוקת מהירות הרוח המתקבלת בנקודת הבדיקה לאחר ביצוע ההדמיה, במהירות הרוח בגובה ההדמיה שהוכנסה כקלט למודל הממוחשב. לדוגמה, מהירות הרוח שהוכנסה למודל בגובה 10 מ' הוחלשה על-ידי חספוס הקרקע. ובגובה 1.5 הגיעה ל 3.1 מ/ש. אם לאחר ההדמיה הרוח בנקודת הבדיקה הגיעה ל 4 מ/ש הרי שמקדם ההגברה הוא 1.3 (4/3.1).

כך, אם בוצעו 8 הדמיות ונבחרו 5 נקודות בדיקה, יהיו סך-הכל 40 מקדמי הגברת רוח. יש להציג את מקדמי ההגברה על גבי ההדמיות וגם בטבלה.

ב-4 את מקדמי ההגברה של כל נקודה ונקודה יש להכפיל במהירויות הרוח שהתקבלו מהתחנה המטאורולוגית באופן הבא: יש לסדר את נתוני התחנה המטאורולוגית (מהירות רוח וכיוון) לפי 8 כיוונים שונים בהתאם לתרשים:



ב-5 – פעולות אלה יש לבצע על כל נקודת בדיקה בנפרד:

- יש להכפיל את מקדם ההגברה המתקבל בהדמיה בנקודת הבדיקה עם נתוני הרוח המתאימים לו בקובץ האקלימי. למשל, יש להכפיל את נתוני הרוח בגזרה הצפונית של הקובץ האקלימי עם מקדם ההגברה של נקודת הבדיקה שהתקבל בהדמיה בה הרוח הוכנסה למודל מגזרה צפונית. על פעולה זו יש לחזור לכל כיוון וכיוון, כך שבסוף התהליך כל נתוני הרוח השעתיים שבקובץ האקלימי הוכפלו במקדמי הרוח המתאימים להם לפי כיוון הרוח.
- יש להמיר את מהירויות הרוח בקובץ האקלימי ל"מהירויות שקולות", עי-ידי שימוש בנוסחה (5.2):

$$U_{eq} = U(1 + 3I)$$

כאשר:

U_{eq} = מהירות הרוח השקולה

U מהירות הרוח

I אחוז הטורבולנטיות

אחוז הטורבולנטיות האופייני לחזיתות הבניין הפונות לרוח יהיה 35%, עבור פינות הבניין והמעברים 20%, וחזיתות הבניין בשובל הרוח: 50%.

טבלה 3.3 מתארת דוגמה לאופן חישוב מהירות הרוח השקולה מהנתונים המתקבלים
בנקודה אחת

כיוון הרוח (מעלות)	כיוון הרוח	מהירות בתחנה (מ'ש')	מהירות מתוקנת לגובה 1.5 מ' (נוסחה 5.1)	מקדם הגברה (מחושב מההדמיה)	אחוז הטורבולנטיות	חישוב מהירות משוקללת (נוסחה 5.2)
0	צפון	5	3.1	1.5	20	7.44
10	צפון	3	1.9	1.5	20	4.56
.
40	צפון מזרח	5	3.1	0.9	50	6.9
50	צפון מזרח	10	6.2	0.9	50	13.95
.

3. יש לבצע חישוב סטטיסטי אשר יפיק את שכיחויות מהירויות הרוח שבקריטריונים. יסכמו כל המהירויות השקולות מכל הכיוונים הגבוהות מהמהירויות המצוינות בקריטריונים. סכום זה יחולק במספר נתוני הרוח הקיימים בקובץ (אם אלה נתונים שעתיים יהיו 8760 נתונים). לדוגמה, נאמר שכל המקרים בהם מהירות הרוח מכל הכיוונים גבוהה מ 6 מ'ש' הם 1500 שעות. במקרה זה יהוו מקרים אלה 17% מכלל מקרי הרוח. תוצאה זו חורגת מהקריטריונים לאזורי עסקים, מסחר, מגורים, שהות וישיבה וכניסות לבניינים אך אינה חורגת מהקריטריון של רחובות וחניות.

4. יש לבצע את המתואר בסעיף 3 על כל אחד מהקריטריונים: 6 מ'ש', 9 מ'ש', 15 מ'ש' ו 20 מ'ש'.

ב-6 יש לחזור את שלבים 1-4 לכל נקודות הבדיקה נבחרו להציג את התוצאות הן בטבלה מסכמת והן על-גבי שרטוט

ב-7 במקרי חריגה יזוהו כיוונים הרוח בהם מקדמי ההגברה הם הגבוהים ביותר ויוצעו אמצעים למיתון רוח מכיוונים אלה.

ב-8 במקרי חריגה. תבוצע בדיקה חוזרת הכוללת את הטמעת אמצעי מיתון הרוח להוכחת יעילותם

נספח א' תוכנות מוכרות:

Meteodyn Urbawind

Ansys Fluent*

Autodesk CFD*

Autodesk FlowDesign*

Envi-met

5. לשימוש בתוכנות אחרות יש לקבל אישור אגף ההנדסה בעירייה

הערות:

בתכנות המסומנות בכוכבית (*) יש לצרף לדוח את נתוני גרדיאנט הרוח שהוכנסו לתוכנה, ואישור על "התייצבות החישוב" לכל כיוון וכיוון.