

N247/6381



צריפין - מתחם 3

נספח ניקוז



גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ

טירת כרמל, ת.ד. 85 30200 רח' היוזמה 2 ,

טל. 04-8559111 פקס. 04-8559100

grdel.co.il haifa: E-mail@

דצמבר 2016
מהדורה 0



סוג המסמך: נספח ניקוז	Gronner D.e.I Engineers Ltd.  גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ טירת הכרמל 30200 רח' היוזמה 3 טל. 04-8559111 פקס. 04-8559100 E-mail : haifa@grdel.co.il	
מהדורה : 0	מסמך מס': N247	
מחברים: אביב שפירא	שם העבודה: צריפין - מתחם 3 מס' העבודה: 6381	
מאשר: שם: גל גרונר חתימה: תאריך:	שם המסמך: נספח ניקוז	שם המזמין:
תמצית העבודה: רשות מקרקעי ישראל מקדמת את תכנון מתחם 3 בצריפין שהינו מתחם אחד מתוך שמונה בשטח מחנות צריפין המיועדים לפינוי. המתחם יכלול מגרשים לבניה ושטחים פתוחים. מטרות הדו"ח הנן: ☔ לימוד מערכת הניקוז הקיימת. ☔ קביעת עקרונות לתכנון ניקוז ☔ קביעת ספיקות תכן ☔ תכנון עקרוני מערכת ניקוז ובדיקת השפעה על הסביבה		
מס' עמודים: 22	תאריך: דצמבר 2016	תפוצה: ועדה מחוזית רשות ניקוז ירקון
הערות: לאישור		



תוכן עניינים

1. כללי
 - 1.1. תאור האזור
 - 1.2. נתוני רקע
 - 1.3. קריטריונים לתכנון
 - 1.4. מטרות העבודה
2. נתוני הגשם באזור
3. הידרולוגיה
4. תיאור מערכת הניקוז הקיימת ואגני ההיקוות
5. חישוב ספיקות
6. תיאור מערכת התיעול המתוכננת
 - 6.1. כללי
 - 6.2. ספיקות התכן וקטרי הצינורות
 - 6.3. ניקוז מיסעה
 7. עקרונות תכנון שימור נגר
 - 7.1. כללי
 - 7.2. אמצעים לויסות ושימור נגר מהמגרשים עצמם
 - 7.3. שימור הנגר

רשימת נספחים:

- נספח מס' 1 - מודל CIA
נספח מס' 2 - עוצמות גשם תחנת מזכרת בתיה

רשימת מפות, תרשימים ותכניות:

סכימת ניקוז כללית ע"ר מדידה טופוגראפית קנ"מ 1:1250

1. כללי**1.1. תאור האיזור**

תוכנית זו הינה תוכנית למתחם אחד מתוך שמונה מתחמים בשטח מחנות צריפין המיועדים לפינוי. מתחם 3 הינו המתחם המערבי מבין שלושת מתחמי המגורים המיועדים להסתפח לבאר יעקב. התוכנית משתרעת על שטח של כ-676 דונם, כאשר מתחמים 1,2,3,7,8 מהווים חלק ממערכת ניקוז כוללת ומתנקזים בחלקם אל מעביר המים הקיים בכביש 44, מצפון ובסמוך לצומת ניר צבי, ובחלקם אל מעביר המים בכביש 44 בכניסה לתעשיון צריפין.

1.2. נתוני רקע

נתוני רקע אשר שימשו אותנו לצורך כתיבת דו"ח זה הינם:

- מפות טופוגרפיות בקני"מ 1:50,000, 1:10,000.
- קונטרס מס' 1 - ניקוז עילי - בן ציון כינורי.
- תוכנית מתאר מקומית באר יעקב 2030 - נספח מס' 5-ניקוז שהוכנה ע"י קשת-מ.כ. ניהול פרויקטים בע"מ
- ניתוח עוצמות גשם של השרות המטאורולוגי בתחנת מזכרת בתיה

**1.3. קריטריונים לתיכנון**

קריטריוני התכנון של מערכות הניקוז ששימשו בהכנת דו"ח התכנון המוקדם הם כדלקמן:

1.3.1. חישוב - ספיקת התכן

ספיקות התכן חושבו בשיטה הרציונלית החדשה CIA בהסתמך על המסמך "הנחיות לחישוב ספיקות תכן מאגנים קטנים - מהדורה 4", הידרומודול ושמואל ארבל, ספטמבר 2012.

1.3.2. תקופת חזרה

המתקנים הבאים תוכננו לספיקות עבור תקופת החזרה הבאה:

- מובלי הניקוז בתחום השכונה תוכננו לתקופת חזרה של 20 שנים (הסתברות 5%).





1.3.3. קריטריונים הידראולים

מאספי ניקוז:

- ✓ יחס גובה פ"מ לקוטר $\frac{H_w}{D} < 0.7$
- ✓ מקדם מאנינג לצינורות בטון 0.012.
- ✓ מיקום זוג הקולטנים הראשון כ- 40 מ' במורד הזרם.
- ✓ שוחות ימוקמו במרחק ביניים של כ- 25 מ' עד כ- 100 מ' – משתנה לפי השיפוע.



1.4. מטרות העבודה מטרות הדו"ח הנן:

- ☔ לימוד מערכת הניקוז הקיימת.
- ☔ קביעת ספיקות התכן עבור מערכת הניקוז המתוכננת.
- ☔ תכנון מוקדם של מערכת הניקוז.



2. נתוני הגשם באזור

האקלים באזור הוא ים תיכוני לח, הקיץ חם ויבש והחורף קר וגשום. כמות המשקעים הינה כ- 550 מ"מ בשנה.
תחנת הגשם הפעילה המייצגת את אזור התכנון הינה תחנת מזכרת בתיה.
להלן נתוני תחנת גשם מזכרת בתיה:

טבלה 1

שם תחנה	רשת ישראל חדשה		תקופת תצפיות	מס' שנות תצפית	רום תחנה (מ')	עוצמת גשם מרבית ידועה לפרק זמן של 10 דק'
	Y	X				
מזכרת בתיה	640	184	1950-2000	44	65	103

עבודת הניתוח בוצעה במשותף ע"י השרות ההידרולוגי, התחנה לחקר הסחף של משרד החקלאות והמכון למדעי כדור הארץ של האוניברסיטה העברית. השרות ההידרולוגי ביצע ניתוח סטטיסטי של עוצמות הגשם החזיות למשך זמן נתון בהסתברויות תכן שונות כמפורט בנספח מס' 2.



3. הידרולוגיה3.1. קריטריונים לחישוב ספיקות תכן ומודלים הידרולוגיים

ספיקות התכן נקבעו ע"פ קריטריונים של תמ"א 3-34 נספח מנחה א - הנחיות להכנת נספח ניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז לתוכנית. את הסתברויות התכן שנקחו ניתן לראות בטבלה להלן.

טבלה 4 קריטריונים של תמ"א 3-34

השימוש בשטח	תקופת חזרה בשנים	הסתברות מירבית לאירוע בשנה מסוימת
חקלאות: גידולי שדה ומטעים, פארקים	10	10%
בתי צמיחה ומבנים בשטחים פתוחים	25	4%
כבישים ומסילות ברזל *	לפחות 50	2% לכל היותר
סוללות מאגרים וסכרים **	100	1%
שטחים מבונים - כמפורט בטבלת שטחים מבונים	-	
שטחים מבונים (רחובות, מגרשי חניה חצרות בתים וכיו"ב)	5 עד 50	20% עד 2%
הצפה פנימית של בתים מכל מערכת ניקוז.	100	1%

* הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני מוע"צ ורכבת ישראל

** בכל מקרה שיש סיכון של נזק לחיי אדם, הסתברות התכנון תהיה 1% ומטה בהתאם לדרגת הסיכון וחומרת הנזק

תקופות חזרה לחישוב מערכות ניקוז פנימיות (שטחים בנויים) נקבעו ע"פ בהתאם להוראות תמ"א 3-34 והן מפורטות בטבלה להלן.

טבלה 5 תקופות חזרה (תמ"א 34)

מספר	מאפייני השטח העירוני	גודל אגן ההתנקזות, דונם	גודל שיקע מוחלט, דונם	תקופות חזרה בשנים
1	ניקוז מקומי בשכונות מגורים וכבישים משניים	עד 1,000	עד 5	5
2	ניקוז מקומי (בינוני) באזורי תעשיה ומסחר ומרכזים עירוניים	עד 500	עד 5	10
3	ניקוז ראשי (בינוני) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 500 עד 2,000	מ-5 עד 10	10
4	ניקוז ראשי באזורי תעשיה ומסחר ומרכזים עירוניים	מעל 500	מעל 5	20
5	ניקוז ראשי (נרחב) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 2,000	מעל 10	20
6	ניקוז עירוני ראשי ומעברי כבישים בין עירוניים ארציים	מעל 5,000		50

הערות לטבלה 5 :

- המתכנן ו/או הרשות המקומית רשאים להציע תקופת חזרה שונה מהקבוע לעיל ובלבד שינקטו את הצעתם בפני גוף מוסמך.
- בנייה חדשה של מגורים, מבני ציבור, מסחר ותעשייה תוגבל בכל מקרה לרום רצפה הגבוה ממפלס ההצפה הצפוי בתקופת חזרה של 1:100.
- בנייה חדשה בשטחים כגון: פארקים, גנים וכד' תוגבה לרום רצפה הגבוה ממפלס ההצפה הצפוי בתקופת חזרה של 1:50.
- בכל מקרה שיש סיכון לחיי אדם, תקופת חזרה תהיה 1:100 שנה ומעלה בהתאם לדרגת הסיכון וחומרת הנזק.
- במסגרת תוכנית האב לניקוז ייבדקו גם האזורים הבנויים. יש להציג פתרונות בהתאם לתקופות חזרה המוצגות כאן, רק באזורי הבנייה הקיימת שבהם יש בעיות ניקוז.
- באחריות הרשות המקומית לבטח את עצמה בפני אירועים ונזקים שיטפוניים גדולים מהמתוכננים על פי ההוראות.

4. תאור מערכת הניקוז הקיימת ואגני ההקוות

4.1. מערכת הניקוז הקיימת

- כאמור, מתחמים 1,2,3,7,8 מהווים חלק ממערכת ניקוז כוללת אשר מתנקזים בחלקם אל מעביר המים הקיים בכביש 44, מצפון ובסמוך לצומת ניר צבי, ובחלקם אל מעביר המים בכביש 44 בכניסה לתעשיון צריפין.
- המתחמים הנ"ל בנויים כיום בחלקם ע"י מבנים המתוכננים לפינוי ובינוי מחדש במסגרת התב"ע של פינוי צריפין.

אגני ההיקוות

- שטח התוכנית חולק ל-9 אגני היקוות בתחום גבול התוכנית ול-3 אגני משנה נוספים.

5. חישוב ספיקות

- 1. מודל CIA פותח בארה"ב לאגנים קטנים ובינוניים. עקרונות החישוב של המודל מופיעים בנספח מס' 1.
- עוצמות גשם נלקחו מתחנת מזכרת בתיה (ראה נספח 2).
- מקדמי הספיקה נלקחו לפי קבוצת שימוש הקרקע של כל אגן, על סמך טבלה מס' 14 בפרק 6 במסמך "הנחיות לחישוב ספיקות תכן מאגנים קטנים – מהדורה 4", הידרומודול ושמואל ארבל, ספטמבר 2012.
- בחישוב ספיקות להסתברות 1% חושבו זמני ריכוז מתוקנים של כל אגן ע"י הכפלת זמן הריכוז במקדם הכפלה בהתאם לטבלה מס' 14 הנ"ל, כאשר זמן ריכוז מתוקן לא יפחת מ-10 דקות.



לאחר חישוב הספיקות להסתברות 1%, בוצע חישוב ספיקות בהסתברויות נוספות באמצעות הכפלה במקדמי מעבר המצויים בטבלה מס' 15 בפרק 6 במסמך ההנחיות לחישוב ספיקות הנ"ל.

להלן טבלה של ספיקות שחושבו בשיטה הנ"ל:

מס' אגן	שטח אגן היקוות	הפרש רומים	אורך אפיק מ"א	שיפוע אורכי	מהירות זרימה ממוצעת	זמן ריכוז, דקות	זמן ריכוז מתוקן, דקות	1% ספיקה			2%	5%	10%
	קמ"ר		L	%	V	tc	tc m	I	C	Q	Q	Q	Q
1	0.018	6.0	286	2.1%	0.71	10	10.0	109.30	0.60	0.33	0.30	0.26	0.23
2	0.032	6.2	353	1.8%	0.65	10	10.0	109.30	0.60	0.58	0.52	0.46	0.40
2.1	0.010	1.4	202	0.7%	0.41	10	10.0	109.30	0.60	0.18	0.16	0.14	0.12
3	0.039	10.3	596	1.7%	0.65	10	10.0	109.30	0.60	0.70	0.63	0.56	0.49
4	0.386	15.3	1180	1.3%	0.56	13	10.0	97.31	0.60	6.26	5.63	5.01	4.38
5	0.262	14.6	1075	1.4%	0.57	12	10.0	101.30	0.60	4.42	3.98	3.54	3.09
6	0.030	2.1	315	0.7%	0.40	10	10.0	109.30	0.60	0.54	0.49	0.43	0.38
6.1	0.007	1.0	180	0.5%	0.36	10	10.0	109.30	0.60	0.13	0.12	0.10	0.09
7	0.204	12.7	900	1.4%	0.59	11	10.0	107.34	0.60	3.65	3.29	2.92	2.56
8	0.094	8.5	488	1.7%	0.65	10	10.0	109.30	0.60	1.71	1.54	1.37	1.20
8.1	0.028	7.5	368	2.0%	0.70	10	10.0	109.30	0.60	0.51	0.46	0.41	0.36
9	0.174	9.8	750	1.3%	0.56	10	10.0	109.30	0.60	3.18	2.86	2.54	2.22

6. תאור מערכת התיעול המתוכננת

6.1 כללי



עודפי הנגר ממתחמי הבניה והנגר מהכבישים ומהשטחים המרוצפים יזרמו בכבישים ויקלטו במערכת התיעול העירונית. במוצא הניקוז של המתחם, באזור חתך 710 בכביש מס' 7 ישנו שקע מוחלט ובו יתוכנן מתקן יציאה לסילוק הנגר משטח התוכנית אל השצ"פ שבאזור זה.

הפארק המתוכנן בחלק המערבי של התוכנית מהווה חלק מהפתרון לאיגום וחלחול של גר עילי. חלק זה של התוכנית מתוכנן ע"י אדריכל הנוף ובאישור רשות הניקוז.



קטרי הצינורות הדרושים חושבו להולכת ספיקות התכן להסתברות של 1 ל- 20 שנים (5%).



6.2. ספיקות התכן וקטרי הצינורות

להלן ספיקות התכן וקטרי הצינורות בנק' הביקורת השונות אשר חושבו עפ"י נוסחת מאנינג.

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

כאשר :

Q – ספיקת תכן (מ"ק/שנ')

A – שטח חתך הזרימה (מ"ר)

R – רדיוס הידראולי (מ')

i – שיפוע אורכי

n – מקדם מאנינג 0.012 עבור צינורות בטון, 0.025 עבור תעלת הגנה מבטון.



להלן טבלת חישובים הידראוליים קווי ניקוז :

מחנה	לחנה	קוטר, מ'	גובה פ.מ. מ'	יחס h/d	ספיקה מ"ק/שניה	מהירות מ/שניה	שיפוע אורכי	מקדם Manning
		D	h		Q	V	I	n
1000	1010	0.5	0.23	0.47	0.26	2.93	2.10%	0.012
1011	1020	0.6	0.36	0.59	0.39	2.26	0.81%	0.012
700	707	0.6	0.35	0.58	0.56	3.34	1.80%	0.012
446	436	0.5	0.23	0.45	0.14	1.64	0.68%	0.012
1109	1113	0.5	0.16	0.33	0.14	2.55	2.28%	0.012
900	912	0.6	0.32	0.53	0.46	3.05	1.61%	0.012
435	419	0.6	0.40	0.67	0.43	2.16	0.69%	0.012
836	827	0.5	0.20	0.40	0.10	1.39	0.54%	0.012
401	419	0.5	0.31	0.61	0.41	3.26	2.11%	0.012
816	827	0.8	0.48	0.60	0.69	2.16	0.50%	0.012
1200	1205	1	0.64	0.64	1.37	2.56	0.50%	0.012
815	800	0.8	0.50	0.63	0.90	2.70	0.76%	0.012
1205	1219	1.25	0.82	0.65	2.54	2.99	0.50%	0.012
732	723	1.25	0.58	0.46	2.92	5.27	2.02%	0.012
723	714	1.25	0.84	0.67	3.54	4.02	0.89%	0.012
1114	1128	0.8	0.39	0.49	1.06	4.30	2.31%	0.012
912	922	0.8	0.41	0.52	0.96	3.67	1.61%	0.012
707	710	0.8	0.54	0.67	1.52	4.24	1.80%	0.012
715	710	1.5	0.92	0.61	5.01	4.41	0.89%	0.012





6.3. ניקוז מיסעה

כמות ומיקום מתקני ניקוז מסכעה ייקבע בשלב תכנון מוקדם ע"י נוסחת מאנינג מתואמת לחישוב תדירות הנחת קולטנים ומגלשי מים היא :

$$Q = \frac{K_u}{n} * i^{1.67} * J^{0.5} * b^{2.67}$$

כאשר K_u - 0.376

Q – ספיקה \ כושר הולכה, מ"ק/שניה

n - מקדם מאנינג

i – שיפוע רוחבי

j – שיפוע אורכי

b – רוחב זרימה, מ'

תדירות הנחת מתקני ניקוז (מרחק מינימאלי) נקבע בהתאם לדרישות הבאות :

- אורך קטע מקסימאלי בין מתקני ניקוז מסעה הוא 120 מ',
- כושר קליטת נגר עילי ע"י תאי קליטה סטאנדרטיים היא עד 70% מספיקה המגיע עליו להלן טבלה חישוב מרחקים מקסימאליים בין תאי קליטה ומגלשי מים :

מחתך	לחתך	מרחק בין קולטנים	רוחב כביש ממוצע	רוחב זרימה	שיפוע רוחבי	שיפוע אורכי	כושר הולכה מקסימלי
447	451	35.88	22.00	1.62	2.00%	2.26%	15.79
1000	1010	38.05	20.00	1.62	2.00%	2.10%	15.22
1011	1020	23.63	20.00	1.62	2.00%	0.81%	9.45
700	707	35.22	20.00	1.62	2.00%	1.80%	14.09
900	912	33.39	16.25	1.5	2.00%	1.61%	10.85
912	922	33.39	16.25	1.5	2.00%	1.61%	10.85
446	436	19.83	22.00	1.62	2.00%	0.69%	8.72
1108	1113	33.04	24.00	1.62	2.00%	2.28%	15.86
1114	1128	33.25	24.00	1.62	2.00%	2.31%	15.96
837	844	18.61	16.25	1.5	2.00%	0.50%	6.05
707	710	35.22	20.00	1.62	2.00%	1.80%	14.09
710	724	24.77	20.00	1.62	2.00%	0.89%	9.91
724	731	37.31	20.00	1.62	2.00%	2.02%	14.93
436	420	19.83	22.00	1.62	2.00%	0.69%	8.72
400	420	34.67	22.00	1.62	2.00%	2.11%	15.25
836	827	19.34	16.25	1.5	2.00%	0.54%	6.29
816	827	18.61	16.25	1.5	2.00%	0.50%	6.05





מחתר	לחתך	מרחק בין קולטנים	רוחב כביש ממוצע	רוחב זרימה	שיפוע רוחבי	שיפוע אורכי	כושר הולכה מקסימלי
1200	1205	18.56	20.00	1.62	2.00%	0.50%	7.43
1205	1219	18.56	20.00	1.62	2.00%	0.50%	7.43
800	815	22.89	20.00	1.62	2.00%	0.76%	9.16
500	505	22.18	16.25	1.5	2.00%	0.71%	7.21

הערות:

נתוני בסיס לחישוב הנ"ל הם:

- עוצמת גשם היא 80 מ"מ/שעה
- מקדם C – 0.9
- מקדם מאנינג – 0.016

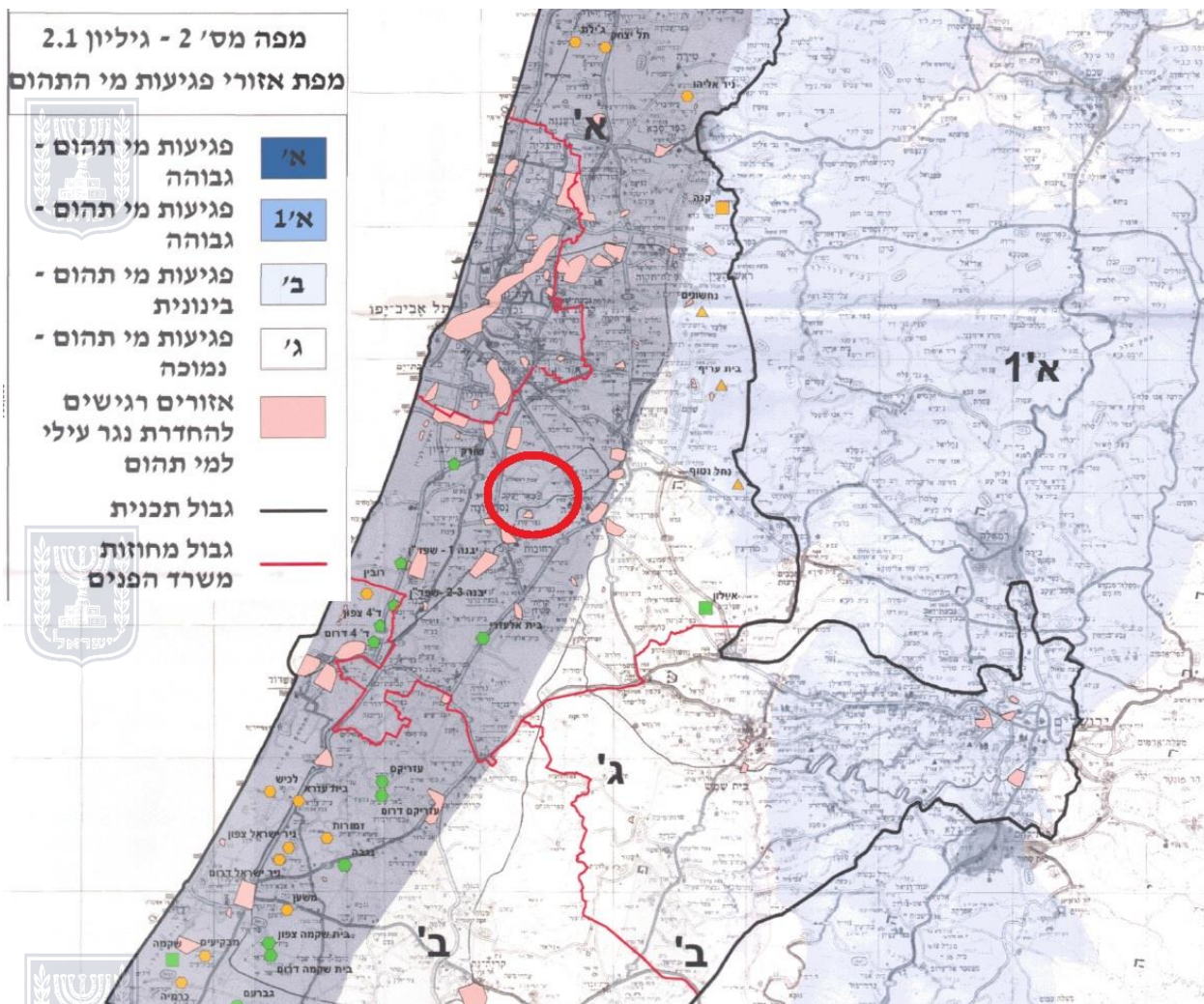




7. עקרונות תכנון שימור נגר

7.1. כללי

במסגרת תמ"א 34 ב' 4 חולקו אזורי הארץ לפי רגישות וחשיבות שימור הנגר. אזור באר יעקב נמצא במפת רגישות הקרקע שמצורפת לתמ"א באזור א'.



מפת רגישות קרקע (תמ"א 34/ב/4)





הגבלות לשימוש בקרקע באזור רגישות א' (לפי סעיפים 28,29 ו-31 בתמ"א 4/ב/34)

פרק ה' - הגנה על איכות מי תהום - מניעת זיהום

28. תנאים לאישור שימושים בקרקע באזור א' ובאזור א'1

תנאי להפקדת תכנית, בתחום אזור א' ו א'1, כמסומן במפה 2, המאפשרת שימוש או פעילות בקרקע העלולים לזהם את מי התהום לרבות: אחסון, טיפול או שימוש בחומרים מסוכנים למי תהום, בדלקים ותעשיות הכרוכות בכך, מתקנים לטיפול בשפכים ובפסולת ביתית ו/או רעילה, מטמנות לפסולת ביתית ו/או רעילה ומטווחי ירי פתוחים, שהיא תכלול את התנאים המפורטים בסעיף 30.



7.2. אמצעים לויסות ושימור נגר מהמגרשים עצמם:

- ✓ בכל מגרש יופנה הנגר מהגגות בלבד לאזורים מונמכים עם צמחיה נמוכה (דשא ומשתרעים נמוכים). המשטח יהיה בעומק ממוצע של כ 30-40 ס"מ מהמדרכה.
 - ✓ השטחים הנמוכים יתוכננו לאגור סופה בהסתברות של 1:2 (50%).
 - ✓ זמן ריכוז לחישוב כמות הנגר בהסתברות התכן – 10 דקות.
 - ✓ המרזבים יתועלו ישירות אל השטחים הנמוכים בצנרת סגורה.
 - ✓ בכל מצב המבנה יתוכנן כך שלא יוצף גם בהסתברות של 1%.
 - ✓ המשטחים הנמוכים יתנקזו לכיוון היציאה מהמגרש אל מערכת התפיסה המחושבת להגבלת כושר ההלכה לצורך ויסות הנגר .
- במסגרת תכנון מפורט של כל מגרש יובא לאישור רשות הניקוז התכנון המפורט של ויסות הנגר. מתקנים החדרת הנ"ל יתוכננו ויאושרו בהתאם לחוק המים התשי"ט 1959 ותמ"א 4/ב/34.





7.3 שימור הנגר

בטבלה להלן ניתן לראות את תוצאות חישוב הספיקות במוצא במצב המתוכנן והקיים ובדיקת גודל השפעת בניית שכונת מגורים על משטר הזרימה באגנים.

טבלה 5 השוואת ספיקות במוצא

יחס הספיקות	ספיקה (מ"ק/שניה) בהסתברות		מס' נקודת ביקורת
	מצב 1% מתוכנן	מצב 1% קיים	
120%	0.27	0.33	1
120%	0.48	0.58	2
120%	0.15	0.18	2.1
120%	0.59	0.70	3
120%	5.22	6.26	4
120%	3.68	4.42	5
120%	0.45	0.54	6
120%	0.11	0.13	6.1
120%	3.04	3.65	7
120%	1.43	1.71	8
120%	0.43	0.51	8.1
120%	2.65	3.18	9

הערות:

(א) חישוב ספיקות בוצע לפי מודל CIA.

(ב) היחס בין המצב המתוכנן לקיים במוצא מגיע ל 120% בנקודת מוצא משטח הפרויקט.

(ג) לאור העובדה שנגר בא מאגנים קטנים, גודל שטחים ירוקים, נפח מערכות ניקוז המיועדים לוויסות וכושר הולכה מתקנים מווסטים הנגר ייקבעו בהמשך התכנון.





נספח מס' 1

מודל CIA (הנוסחה הרציונאלית)

HIGHWAY DESIGN MANUAL

810-11

May 1, 2001

Table 816.6A
Roughness Coefficients For
Sheet Flow

Surface Description	n
Asphalt Concrete	0.011-0.016
Concrete	0.012-0.014
Brick with cement mortar	0.014
Cement rubble	0.024
Fallow (no residue)	0.05
Grass	
Short grass prairie	0.15
Dense grass	0.24
Bermuda Grass	0.41
Woods ¹	
Light underbrush	0.40
Dense underbrush	0.80

¹Woods cover is considered up to a height of 30 mm, which is the maximum depth obstructing sheet flow

(2) *Shallow concentrated flow travel time.* After a maximum of 91 m, sheet flow usually becomes shallow concentrated flow. The average velocity for this flow can be determined from Figure 816.6, in which average velocity is a function of watercourse slope and type of land cover. For slopes less than 0.005 m/m, use equations given below for Figure 816.6.

Average velocities for estimating shallow concentrated flow travel time using Figure 816.6.

$$\text{Unpaved} \quad V = 4.918(s)^{1/2}$$

$$\text{Paved} \quad V = 6.196(s)^{1/2}$$

Where:

V = average velocity, m/s

S = slope of hydraulic grade line
(watercourse slope), m/m

These two equations are based on the solution of Manning's equation with different assumptions for n (Manning's roughness coefficient) and r (hydraulic radius, m). For unpaved areas, n is 0.05 and r is 0.122 m; for paved areas, n is 0.025 and r is 0.06 m.

The travel time can be calculated from

$$T_t = \frac{L}{60 V}$$

where T_t is the travel time in minutes, L the length in m, and V the flow velocity in m/s.

The following empirical formula may be used as an alternative to estimate the flow velocity:

$$V = kS^{1/2}$$

Where S is the slope in percent and k (m/s) is an intercept coefficient depending on land cover as shown in Table 816.6B.

Table 816.6B
Intercept Coefficients for Shallow
Concentrated Flow

Land cover/Flow regime	K (m/s)
Forest with heavy ground litter; hay meadow (overland flow)	0.076
Trash fallow or minimum tillage cultivation; contour or strip cropped; woodland (overland flow)	0.152
Short grass pasture (overland flow)	0.213
Cultivated straight row (overland flow)	0.274
Nearly bare and untilled (overland flow); alluvial fans	0.305
Grassed waterway (shallow concentrated flow)	0.457
Unpaved (shallow concentrated flow)	0.491
Paved area (shallow concentrated flow); small upland gullies	0.619



HIGHWAY DESIGN MANUAL

810-15

May 1, 2001

Highway engineers should understand that the option to select a predetermined design flood frequency is generally only applicable to new highway locations. Because of existing constraints, the freedom to select a prescribed design flood frequency may not exist for projects involving replacement of existing facilities. Caltrans policy relative to up-grading of existing drainage facilities may be found in Index 803.3.

Although the procedures and methodology presented in HEC 17, Design of Encroachments on Flood Plains Using Risk Analysis, are not fully endorsed by Caltrans, the circular is an available source of information on the theory of "least total expected cost (LTEC) design". Highway engineers are cautioned about applying LTEC methodology and procedures to ordinary drainage design problems. The Headquarters Hydraulics Engineer in the Division of Design should be consulted before committing to design by the LTEC method since its use can only be justified and recommended under extra-ordinary circumstances.

Topic 819 - Estimating Design Discharge

819.1 Introduction

Before highway drainage facilities can be hydraulically designed, the quantity of run-off (design Q) that they may reasonably be expected to convey must be established. The estimation of peak discharge for various recurrence intervals is therefore the most important, and often the most difficult, task facing the highway engineer. Refer to Table 819.5A for a summary of methods for estimating design discharge.

819.2 Empirical Methods

Because the movement of water is so complex, numerous empirical methods have been used in hydrology. Empirical methods in hydrology have great usefulness to the highway engineer. When correctly applied by engineers knowledgeable in the method being used and its idiosyncrasies, peak discharge estimates can be obtained which are functionally acceptable for the design of highway drainage structures and other features. Some of the

more commonly used empirical methods for estimating runoff are as follows.

- (1) *Rational Methods.* Undoubtedly, the most popular and most often misused empirical hydrology method is the Rational Formula:

$$Q = 0.28 CiA$$

Q = Design discharge in cubic meters per second.

C = Coefficient of runoff.

I = Average rainfall intensity in millimeters per hour for the selected frequency and for a duration equal to the time of concentration.

A = Drainage area in square kilometers.

Rational methods are simple to use, and it is this simplicity that has made them so popular among highway drainage design engineers. Design discharge, as computed by these methods, have the same probability of occurrence (design frequency) as the frequency of the rainfall used. Refer to Topic 818 for further information on flood probability and frequency of recurrence.

An assumption that limits applicability is that the rainfall is of equal intensity over the entire watershed. Because of this, Rational Methods should be used only for estimating runoff from small simple watershed areas, preferably no larger than 1.3 km² (130 ha). Even where the watershed area is relatively small but complicated by a mainstream fed by one or more significant tributaries, Rational Methods should be applied separately to each tributary stream and the tributary flows then routed down the main channel. Flow routing can best be accomplished through the use of hydrographs discussed under Index 816.5. Since Rational Methods give results that are in terms of instantaneous peak discharge and provide little information relative to runoff rate with respect to time, synthetic hydrographs should be developed for routing significant tributary inflows. Several relatively simple methods





810-16

May 1, 2001

HIGHWAY DESIGN MANUAL

have been established for developing hydrographs, such as transposing a hydrograph from another hydrologically homogeneous watershed. The stream hydraulic method, and upland method are described in HDS No. 2. These, and other methods, are adequate for use with Rational Methods for estimating peak discharge and will provide results that are acceptable to form the basis for design of highway drainage facilities.

It is clearly evident upon examination of the assumptions and parameters which form the basis of the equation that much care and judgment must be applied with the use of Rational Methods to obtain reasonable results.

- The runoff coefficient "C" in the equation represents the percent of water which will run off the ground surface during the storm. The remaining amount of precipitation is lost to infiltration, transpiration, evaporation and depression storage.

Values of "C" may be determined for undeveloped areas from Figure 819.2A by considering the four characteristics of: relief, soil infiltration, vegetal cover, and surface storage.

Some typical values of "C" for developed areas are given in Table 819.2B. Should the basin contain varying amounts of different cover, a weighted runoff coefficient for the entire basin can be determined as:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

- To properly satisfy the assumption that the entire drainage area contributes to the flow; the rainfall intensity, (i) in the equation expressed in millimeters per hour, requires that the storm duration and the time of concentration (t_c) be equal. Therefore, the first step in estimating (i) is to estimate (t_c). Methods for determining time of concentration are discussed under Index 816.6.

- Once the time of concentration, (t_c), is estimated, the rainfall intensity, (i), corresponding to a storm of equal duration, may be obtained from available sources such as intensity-duration-frequency (IDF) curves. See Index 815.3(3) for further information on IDF curves.

The runoff coefficients given in Figure 819.2A and Table 819.2B are applicable for storms of up to 5 or 10 year frequencies. Less frequent, higher intensity storms usually require modification of the coefficient because infiltration, detention, and other losses have a proportionally smaller effect on the total runoff volume. The adjustment of the rational method for use with major storms can be made by multiplying the coefficient by a frequency factor, C(f). Values of C(f) are given below. Under no circumstances should the product of C(f) times C exceed 1.0.

Frequency (yrs)	C(f)
25	1.1
50	1.2
100	1.25

- (2) *Regional Analysis Methods.* Regional analysis methods utilize records for streams or drainage areas in the vicinity of the stream under consideration which would have similar characteristics to develop peak discharge estimates. These methods provide techniques for estimating annual peak stream discharge at any site, gaged or ungaged, for probability of recurrence from 50% (2 years) to 1% (100 years). Application of these methods is convenient, but the procedure is subject to some limitations.

Regional Flood - Frequency equations developed by the U.S. Geological Survey for use in California are given in Figure 819.2C. These equations are based on regional regression analysis of data from 705 gaging stations. Nomographs and complete information on use and development of this method may be found in "Magnitude and Frequency of Floods in California" published in June, 1977 by the U.S. Department of the Interior, Geological Survey.





Figure 819.2A

Runoff Coefficients for Undeveloped Areas
Watershed Types

	Extreme	High	Normal	Low
Relief	.28 -.35 Steep, rugged terrain with average slopes above 30%	.20 -.28 Hilly, with average slopes of 10 to 30%	.14 -.20 Rolling, with average slopes of 5 to 10%	.08 -.14 Relatively flat land, with average slopes of 0 to 5%
Soil Infiltration	.12 -.16 No effective soil cover, either rock or thin soil mantle of negligible infiltration capacity	.08 -.12 Slow to take up water, clay or shallow loam soils of low infiltration capacity, imperfectly or poorly drained	.06 -.08 Normal; well drained light or medium textured soils, sandy loams, silt and silt loams	.04 -.06 High; deep sand or other soil that takes up water readily, very light well drained soils
Vegetal Cover	.12 -.16 No effective plant cover, bare or very sparse cover	.08 -.12 Poor to fair; clean cultivation crops, or poor natural cover, less than 20% of drainage area over good cover	.06 -.08 Fair to good; about 50% of area in good grassland or woodland, not more than 50% of area in cultivated crops	.04 -.06 Good to excellent; about 90% of drainage area in good grassland, woodland or equivalent cover
Surface Storage	.10 -.12 Negligible surface depression few and shallow; drainageways steep and small, no marshes	.08 -.10 Low; well defined system of small drainageways; no ponds or marshes	.06 -.08 Normal; considerable surface depression storage; lakes and pond marshes	.04 -.06 High; surface storage, high; drainage system not sharply defined; large flood plain storage or large number of ponds or marshes
Given	An undeveloped watershed consisting of; 1) rolling terrain with average slopes of 5%, 2) clay type soils, 3) good grassland area, and 4) normal surface depressions.			Solution: Relief 0.14 Soil Infiltration 0.08 Vegetal Cover 0.04 Surface Storage <u>0.06</u> C= 0.32
Find	The runoff coefficient, C, for the above watershed.			





HIGHWAY DESIGN MANUAL

Table 819.2B

Runoff Coefficients for Developed Areas

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient
Business:	
Downtown areas	0.70 - 0.95
Neighborhood areas	0.50 - 0.70
Residential:	
Single-family areas	0.30 - 0.50
Multi-units, detached	0.40 - 0.60
Multi-units, attached	0.60 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 - 0.70
Industrial:	
Light areas	0.50 - 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries:	0.10 - 0.25
Playgrounds:	0.20 - 0.40
Railroad yard areas:	0.20 - 0.40
Unimproved areas:	0.10 - 0.30
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2%	0.05 - 0.10
Sandy soil, average, 2-7%	0.10 - 0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15 - 0.20
Heavy soil, flat, 2%	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2-7%	0.18 - 0.25
Heavy soil, steep, 7%	0.25 - 0.35
Streets:	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs:	0.75 - 0.95

The Regional Flood-Frequency equations are applicable only to sites within the flood-frequency regions for which they were derived and on streams with virtually natural flows. For example, the equations are not generally applicable to small basins on the floor of the Sacramento and San Joaquin Valleys as the annual peak data which are the basis for the regression analysis were obtained principally in the adjacent mountain and foothill areas. Likewise, the equations are not directly applicable to streams in urban areas affected substantially by urban development. In urban areas the equations may be used to estimate peak discharge values under natural conditions and then by use of the techniques described in the publication or HDS No. 2, adjust the discharge values to compensate for urbanization. Further limitations on the use of USGS Regional Flood-Frequency equations are:

Region	Drainage Area (A) mi ²	Mean Annual Precip (P) in.	Altitude Index (H) 1000 ft.
North Coast	0.2-3000	19-104	1.0-5.7
Northeast	0.2-25	all	all
Sierra	0.2-9000	7-85	0.1-9.7
Central Coast	0.2-4000	8-52	0.1-2.4
South Lahontan-Colorado Desert	0.2-25	all	all

Note: Values shown in table have not been converted to metric system.





נספח מס' 2

עוצמות גשם תחנת מזכרת בתיה:

זמן, ריכוז, דקות											
240	180	120	90	60	45	30	20	15	10	5	
16.8	18.2	28.7	36.2	41.8	50.2	63.1	84.4	100.6	119.6	175.8	0.5%
15.2	16.8	26.0	32.4	38.7	46.2	58.2	76.7	91.5	109.3	160.7	1.0%
13.5	15.3	23.1	28.6	35.5	42.2	53.4	69.0	82.4	98.7	145.1	2.0%
12.5	14.4	21.6	26.5	33.6	39.9	50.6	64.7	77.2	92.9	136.6	3.0%
11.2	13.2	19.5	23.9	31.2	36.8	46.8	59.0	70.6	85.4	125.4	5.0%
9.6	11.5	16.7	20.4	27.6	32.4	41.5	51.6	61.7	75.0	110.0	10.0%
7.8	9.7	13.8	16.8	23.6	27.8	35.9	43.8	52.4	64.4	94.1	20.0%
6.5	8.5	12.0	14.8	21.1	24.8	32.2	39.3	46.9	57.9	84.5	30.0%
5.2	7.5	10.5	13.1	18.9	22.3	29.2	35.5	42.4	52.7	76.6	40.0%
3.9	6.4	9.3	11.7	17.1	20.3	26.7	32.5	38.7	48.4	70.2	50.0%

