

לשכת התכנון - מחוזיות
משרד הנגישות מהנדס דרום
2.9.02 2813
N201/6336

מנהל מקרקעי ישראל

מסמך לטיפול לשימור במי נגר עילי וניקוז

קרית גת צפון, מתחמים 03/04

דו"ח הידרולוגי

חוק הליכי תכנון ובניה להאצת הבניה למגורים
(הוראת שעה) - התשע"א 2011
משרד הפנים - מחוז הדרום

הודעה לדיוור לאומי - החליטה ביום
21/11/12

לאשר את התוכנית

התוכנית לא נקבעה טעונה אישור השר
 התוכנית נקבעה טעונה אישור השר

21/11/12
תאריך


יו"ר הוועדה לדיוור לאומי

מהדורה 3
מאי 2012



גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ
סניף הכרמל ת.ד. 30200-85 רח" הירושמה 2
טל: 04-8559111 פקס: 04-8559100
E-mail: grdel@grdel.co.il

הודעה על אישור תכנית מס' 6566/2012
בורסמה בילקוט הפרסומים מס' 6566
מיום 20/11/12

<p>סוג המסמך: דו"ח הידרולוגי</p>	<p style="text-align: center;">  גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ Gronner D,el Engineers Ltd. </p> <hr/> <p style="text-align: center;"> טירת הכרמל 30200 רח' היוזמה 2 טל. 04-8559111 פקס. 04-8559100 E-mail : grdel@grdel.co.il </p>	
<p>מהדורה : 2</p>	<p>מסמך מס': N201</p>	
<p>מחברים: יבגני ברדיאנסקי</p>	<p>שם העבודה: דו"ח הידרולוגי - קרית גת צפון, מתחמים 03/04</p> <p>מס' העבודה: 6336</p>	
<p>מאשר: שם: גל גרונר חתימה: תאריך:</p>	<p>שם המסמך: דו"ח הידרולוגי</p> <p>שם המזמין:</p>	
<p>תמצית העבודה: ממ"י יוזם את בניית שכונת מגורים במתחמים 03/04 קרית גת צפון. השכונה ממוקמת צפונית מקרית גת. בדו"ח ההידרולוגי מוצג פתרון הניקוז העקרוני של המתחמים, חישוב ספיקות תכן וממדים ראשוניים מתקני ניקוז.</p>		
<p>מס' עמודים: 24</p>	<p>תאריך: מאי 2012</p>	<p>תפוצה:</p>
<p>הערות: לעיון בלבד</p>		

תקציר :**א. רקע :**

השכונה ממוקמת צפונית מקרית גת.

ב. קרקע :

קרקעות עיקריות באזור הגדון הם מסוג K2 – קרקעות חומות כהות גרומיות קומוליות – אלוביות – סילטיות - חרסיתיות.

ג. עקרונות הפתרון לניקוז המתחם :

- השכונה המתוכננת בגבע מקומי ולכן תתנקז לשני כיוונים עיקריים: לכיוון כביש 35 ולכיוון מסילת רכבת רמלה – באר שבע.
- עקרונות תכנון שנתנו מענה לפתרון הניקוז של השכונה הם כדלקמן :
- מערכת ניקוז המתוכננת הינה מערכת ניקוז פנימית של השכונה.
 - מערכת ניקוז השכונה תוכננה כ מערכת ניקוז סגורה (מתקני קליטת מי גשם מכבישים ומגרשים ומובלי ניקוז תת"ק).
 - תכנון מתקני קליטת נגר עילי בוצע ע"י אלמנטים סטנדרטיים.

ד. הדו"ח ההידרולוגי מתייחס לנושאים :

- (1) קביעת גדלי מתקני ניקוז מתוכננים.
- (2) התייחסות פרטנית לנושא ארוזיה בתעלות.
- (3) עקרונות תכנון שימור נגר.

תוכן עניינים

1.	מבוא
1.1.	רקע
1.2.	מטרות העבודה
1.3.	נתוני בסיס
2.	קרקע
3.	נתוני הגשם באזור
4.	מערכת ניקוז קיימת
5.	הידרולוגיה
5.1.	קריטריונים ומודלים לחישוב ספיקות תכן
5.2.	ספיקות תכן לפי מודל CIA (הנוסחה הרציונאלית)
6.	השפעת בניית המתחם החדש למצב הידרולוגי
6.1.	השפעת בניית שכונה לספיקות שיא
6.2.	השפעת בניית שכונה אל משטר זרימה לכיוון מסילת רכבת
7.	פתרון ניקוז מוצע
7.1.	גודל מתקני ניקוז
7.2.	מובלי ניקוז תת"ק
7.3.	מערכת ניקוז מוצעת
8.	עקרונות תכנון שימור נגר בתחום שטח התב"ע
9.	נספחים
	נספח מס' 1 – עוצמות גשם תחנות נגבה, שדה משה
	נספח מס' 2 – מודל CIA (הנוסחה הרציונאלית)
	נספח מס' 3 – נספח מנחה א' – הנחיות להכנת נספח ניקוז לתוכנית.
10.	רשימת מפות, תרשימים ותכניות:
	• 1. תרשים סביבה
	• 2. תנוחה כללית ע"ר תצ"א

1. מבוא**1.1 רקע**

מנהל מקרקעי ישראל יוזמת את בניית שכונת מגורים במתחמים 03/04. השכונה ממוקמת צפונית לכפר לקרית גת. בדו"ח ההידרולוגי מוצג פתרון הניקוז העקרוני של השכונה, חישוב ספיקות תכן וממדים ראשוניים למתקני הניקוז.

1.2 מטרת העבודה.**מטרת הדו"ח הנן:**

- לימוד מערכת הניקוז הקיימת.
- קביעת ספיקות תכן.
- תכנון מוקדם לפתרון הניקוז לשכונה.
- קביעת גודל ראשוני של מתקני ניקוז.

1.3 נתוני בסיס

- נתוני הרקע אשר שימשו אותנו לצורך כתיבת דו"ח זה הנם:
- מפות טופוגרפיות בקני"מ 1: 50,000, 1: 10,000.
 - קונטרס מס' 1 - ניקוז עילי - בן ציון כינורי.
 - ניתוח עוצמות גשם של השרות ההידרולוגי תחנות תבור, בייס חקלאי
 - מדריך תכנון ניקוז של מדינת קליפורניה
 - תכנון מוקדם השכונה
 - סיור באתר

2. קרקע

השכונה ממוקמת צפונית לקרית גת. קרקעות עיקריות באזור הנדון הם מסוג K2 – קרקעות חומות כהות גרומיות קומוליות – אלוביות – סילטיות - חרסיתיות.

3. נתוני גשם באזור

- שכונה המתוכננת נמצאת באזור השפלה. ממוצע המשקעים השנתי עומד על 500-600 מ"מ.
- בסביבה קיימות שתי תחנות מדידה של השירות המטאורולוגי: תחנת נגבה ותחנת שדה משה. נתוני התחנה וניתוח עוצמות הגשם בתקופות החזרה השונות בוצעו ע"י השירות ההידרולוגי ראה נספח מס' 1.
- תחנת נגבה. התחנה נמצאת ברום של +90 מ' מעל לפני הים. מיקום התחנה בקואורדינטות ארציות – 172065,619170. שנות המדידה ששימשו להכנת הניתוח הסטטיסטי 1951-2000 סה"כ 49 שנים.
 - תחנת שדה משה. התחנה נמצאת ברום של +130 מ' מעל לפני הים. מיקום התחנה בקואורדינטות ארציות – 182860, 612060. שנות המדידה ששימשו להכנת הניתוח הסטטיסטי 1957-1975 סה"כ 18 שנים.

4. מערכת הניקוז הקיימת

השכונה המתוכננת נמצאת בגבעה מקומית. מערכת ניקוז קיימת הינא טבעית ומאופיינת בערוצים פתוחים ולא מוסדרים. אזור הנדון מתנקז לשני כיוונים עיקריים: לכיוון כביש 35 ולכיוון מסילת רכבת. שיפועי שטח בכיוונים הנ"ל הינם די מתונים, בסביבה של 2%. בהמשך נגר עילי ייקלט ע"י תעלות צד כביש 35 ומסילת רכבת ויעובר למעבירי מים מתאימים.

5. הידרולוגיה

5.1 קריטריונים ומודלים לחישוב ספיקות תכן

הקריטריונים לתכנון הניקוז בשכונה הם כדלקמן:

מדינת ישראל		משרד תכנים		
הממונה על תאגיד מים וביוב		המיוסד למשק המים ברשות המקומית		
<p>סימפון: 676-016 תאריך: כ"ח סיון, תשס"ז 11.6.2007</p>				
ניקוז עירוני - תקנות תזרח לקביעת ספיקת תכן				
<p>טבלה סופית ומסכמת לשילוב בתמ"א 34 ב' 3 בספר מנחה אי' סיג' 2.6 במקום השורה "שטחים מבוני".</p>				
מספר	מאפייני השטח העירוני	גודל אגן החתונקות, זתם	גודל שקע מוחלט, זתם	תקופת תזרח בשנים
1	ניקוז מקומי בשכונות מסורים וכבישים משנים	עד 1,000	עד 5	5
2	ניקוז מקומי (ביטני) באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	עד 500	עד 5	10
3	ניקוז ראשי (ביטני) בשכונות מסורים וכבישים משנים	מעל 500 עד 2,000	מ 5 עד 10	10
4	ניקוז ראשי באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	מעל 500	מעל 5	20
5	ניקוז ראשי (מרחב) בשכונות מסורים וכבישים משנים	מעל 2,000	מעל 10	20
6	ניקוז עירוני ראשי ומעברי כבישים בין עירוניים וארציים	מעל 5,000		50

חישוב ספיקות התכן בוצע ע"פ מודל CIA (הנוסחה הרצינאלית) ע"פ מדרוך התכנון לכבישים של מדינת קליפורניה ראה נספח מס' 2. הסתברות תכן לקביעת ספיקות שיא מאגני הקוות מתחמים 3 ו-4 היא 10%.

5.2 ספיקות תכן לפי מודל CIA (הנוסחה הרצינאלית)

הנוסחה לחישוב ספיקות תכן ע"פ המודל הרצינאלי היא :

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

כאשר :

Q – ספיקות תכן (מ"ק/שני)

I – עוצמת גשם (מ"מ/שעה).

A – שטח אגן היקוות (קמ"ר)

C – מקדם נגר

תחנת הגשם שנלקחה היא של העיר אילת בהתאם לניתוח הסטטיסטי שבוצע ע"י השירות המטאורולוגי.
חישוב זמן הריכוז, ומקדמי הנגר בוצע ע"פ מדריך התכנון לכבישים של מדינת קליפורניה ראה נספח מס' 1.

להלן טבלת נתונים הידרולוגיים אגני הקוות לפי נקודות בקרה (ראה סכמת ניקוז בגלי 1) :

הפרש רומים	אורך אפיק	שטח אגן	נקודות בקרה
מ'	מ"א	קמ"ר	
4	500	0.062	1
6	800	0.145	2
3	410	0.046	3
5	610	0.045	4
4	470	0.192	5
5	650	0.046	6

בטבלה הבאה נתונים בסיסיים לבניית מקדם הנגר המשוקלל של האגנים :

הסתברות			
5%	2%	1%	
0.85	0.9	0.95	אספלט
0.87	0.92	0.97	שטח בנוי
0.41	0.45	0.49	שטח גנני

להלן פרוט כיסויי קרקע לקביעת מקדמי נגר:

שטח פתוח		שטח בנוי		אספלט		נקודות בקרה
קמ"ר	%	קמ"ר	%	קמ"ר	%	
0.053	85%	0.006	10%	0.003	5%	1
0.123	85%	0.015	10%	0.007	5%	2
0.039	85%	0.005	10%	0.002	5%	3
0.038	85%	0.005	10%	0.002	5%	4
0.163	85%	0.019	10%	0.010	5%	5
0.039	85%	0.005	10%	0.002	5%	6

להלן טבלת חישובים זמני ריכוז:

זמן ריכוז, דקות	מהירות זרימה ממוצעת	שיפוע אורכי	נקודות בקרה
tc	V	%	
17	0.49	1.0%	1
27	0.49	1.0%	2
15	0.49	1.0%	3
21	0.49	1.0%	4
16	0.49	1.0%	5
22	0.49	1.0%	6

הערה: זמן ריכוז מינימאלי הינו 15 דקות

בטבלאות הבאות מפורטים ספיקות תכן בהסתברות של 10%

Q	C	I	שטח אגן היקוות קמ"ר	נקודות בקרה
מ"ק/שניה		מ"מ/שעה		
0.45	0.43	60.29	0.062	1
0.82	0.43	47.11	0.145	2
0.35	0.43	64.20	0.046	3
0.29	0.43	53.48	0.045	4
1.44	0.43	62.33	0.192	5
0.29	0.43	52.14	0.046	6

6. השפעת בניית השכונה למצב הידרולוגי ואמצעי הגנה מפני שטפונות

במסגרת הכנת דו"ח הנוכחי הושלמה בדיקת ההשפעה של הקמת השכונה על המצב ההידרולוגי באזור. הבדיקה מבוצעת על ההשפעה של נקודות בקרה.

6.1 השפעת בניית השכונה לספיקות שיא

בטבלאות הבאות מפורטים ספיקות תכן בהסתברות של 10% במצב קיים

נקודות בקרה	שטח אגן היקוות	I	C	Q	אחוז הגדלת ספיקות שיא
	קמ"ר	מ"מ/שעה		מ"ק/שניה	%
1	0.062	60.29	0.45	0.46	103%
2	0.145	47.11	0.45	0.85	103%
3	0.046	64.20	0.45	0.37	103%
4	0.045	53.48	0.45	0.30	103%
5	0.192	62.33	0.45	1.48	103%
6	0.046	52.14	0.45	0.30	103%

6.2 השפעת בניית שכונה אל משטר זרימה לכיוון מסילת רכבת

שכונה חדשה מתוכננת ללא שינויים לשטח התנקזות לכיוון מסילת רכבת. להלן חישוב ספיקות שיא מנקודת בקרה מס' 5 למצבים לפני ואחרי הקמת השכונה בהסתברות תכן של 1%:

סטטוס	שטח אגן היקוות	I	C	Q
	קמ"ר	מ"מ/שעה		מ"ק/שניה
לפני בניה	0.192	99.69	0.53	2.79
אחרי בניה	0.192	99.69	0.63	3.37

סיכום:

- לאור העובדה שאזור הנדון מאופיין במקדמי נגר גבוהים ההשפעה מבניית שכונת מגורים על משטר זרימה היא מינורית עם נטיה לשלילית לאחר ביצוע עבודות גינון ושתילת עצים וגדרות ירוקים.
- כושר הולכה של תעלת רכבת קיימת הינו 4.2 מ"ק/שניה והוא גדול מספיקת שיא בהסתברות של 1% ולכן אין השפעת ספיקות שיא מוגדלות ליציבות סוללת רכבת ותעלת צד המסילה.

7. פתרון ניקוז מוצע

7.1 גודל מתקני ניקוז

- עקרונות תכנון שנתנו מענה לפתרון הניקוז של המתחם הם כדלקמן :
- מערכת ניקוז המתוכננת הינה מערכת ניקוז פנימית של השכונה.
 - מערכת ניקוז ההשכונה תוכננה כמערכת ניקוז סגורה (ע"י מובלי ניקוז תת"ק).
- תכנון מתקני קליטת נגר עילי בוצע ע"י אלמנטים סטנדרטיים.

7.2 מובלי ניקוז תת"ק

מובלי ניקוז תת קרקעים מאספי נגר עילי כחלופה לתעלות פתוחות חישוב מובלי ניקוז בוצע לפי גובה תקין ע"י נוסחת מאנינג והיא כדלקמן :

$$Q = \frac{AR^{2/3} \sqrt{i}}{n}$$

כאשר :

Q = ספיקת תכן

A - טטח חתך (מ"ר)

R - רדיוס הידראולי (מי)

i – שיפוע אורכי

n - מקדם מאנינג

נתונים בסיסיים :

- בחישוב מובלי ניקוז מבטון נלקח מקדם מאנינג של 0.013.
- קוטר צינור מינימאלי 0.4 מ' לצינורות מוצא מתאי קליטה ו- 0.5 מ' למובל מאסף
- יחס גובה פ"מקוטר לא יעבור 0.8
- הסתברות תכן – 1%

7.3 מערכת ניקוז מוצעת

מציב פרוט חשוב של מערכת ניקוז מוצעת ביחס לנקודות קצה לכל אגן ההקוות. קטרים לכל אורך הכבישים יקבעו במסגרת תכנון מפורט בהתאמה לשיפועים אורכיים של הכבישים ובהתאם לספיקות התכן.

- נק' 1. חיבור לכביש אורכי והזרמת הנגר לכיוון נחל קומם
- נק' 2. חיבור לכביש מתוכנן והזרמת הנגר לנחל קומם
- נק' 3. חיבור למערכת דרכים מתוכננת במתחם 2 ומשם לנחל קומם
- נק' 4. שפיכה חופשית לשטח הירוק הכלוא בין השכונה לכביש מס' 40.
- נק' 5. הזרמת הנגר לכיוון תעלת רכבת המנקזת גם גם היום את השטח וזורמת לכיוון צפון
- נק' 6. שפיכה חופשית לשטח הירוק הכלוא בין השכונה לכביש מס' 40.

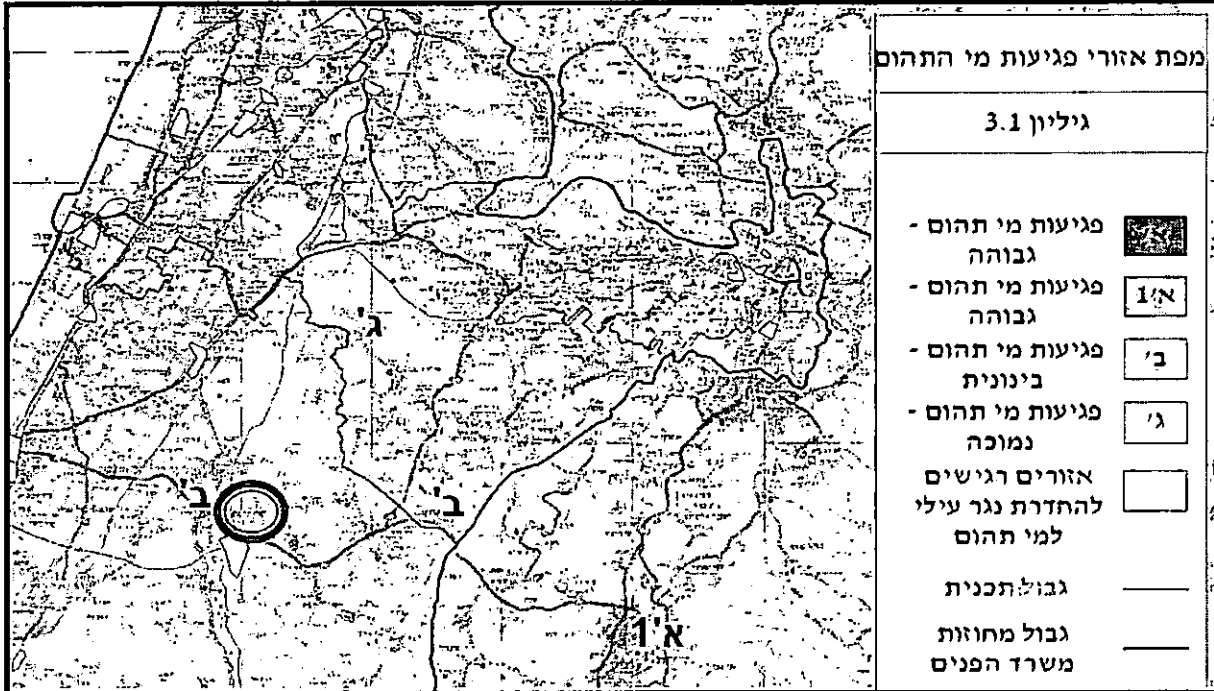
בטבלה הבאה מפורטים תוצאות חישוב גובהי המים ומהירויות הזרימה בתעלות ההגנה :

מקדם Manning	שיפוע אורכי	מהירות מ'שניה	ספיקה מ"ק'שניה	יחס h/d	גובה פ.מ. מ'	מידות	קטע מס'
n	I	V	Q		h	מ'	
0.013	1.00%	2.37	0.45	0.63	0.38	Ø0.6	1
0.013	1.00%	2.77	0.82	0.57	0.46	Ø0.8	2
0.013	1.00%	2.25	0.35	0.55	0.33	Ø0.6	3
0.013	1.00%	2.14	0.29	0.48	0.29	Ø0.6	4
0.013	1.00%	3.10	1.44	0.87	0.69	Ø0.8	5
0.013	1.00%	2.14	0.29	0.48	0.29	Ø0.6	6

8. עקרונות תכנון שימור נגר בתחום שטח התב"ע

במסגרת תמ"א 34 ב' 4 חולקו אזורי הארץ לפי הרגישות וחשיבות שימור הנגר.

אזור קרית גת נמצא במפת רגישויות הקרקע שמצורפת לתמ"א באזור ג' כמוראה בקטע מהמפה המצורף :



ע"פ סעיף 31.1 של הוראות התמ"א הנחיות לגבי אזור רגישות ב' הם כדלקמן :

29. הגבלות לשימוש בקרקע באזור ב'

בכפוף לאמור בסעיף 30, לא תאושר כל תכנית, בתחום אזור ב' המסומן במפה 3 המאפשרת הקמת מפעלים או מתקנים בהם נעשה שימוש בכמות דלק העולה על צריכה שנתית של 100 מ"ק דלק או חומר בעירה שווה ערך (למעט גז) ליצירת קיטור, חום או חשמל, וכן מפעלים בהם מופעלים מתקנים לריאקציות כימיות בתהליכי יצור של חמרים רעילים (לרבות סולבנטים ומתכות כבדות), מטמנות לפסולת מעורבת, ואתרים לאחסון דלקים וחומרים מסוכנים.

30. הגבלות לאישור שימושים בעלי פוטנציאל זיהום

30.1 על אף האמור בסעיפים 28 ו-29, מוסד תכנון רשאי לאשר תכנית הכוללת את השימושים או הפעילויות בקרקע האמורים בכל אחד מהאזורים א', א'1 או ב' כמסומן במפה מס' 3, בכפוף לתנאים הבאים :

30.1.1 שוכנע מוסד התכנון כי השימוש או הפעילות המבוקשים בתכנית דרושים באזור וכי לא ניתן להקים באזורים אחרים.

30.1.2 הוגש למוסד התכנון נספח הבוחן את השפעות השימוש או הפעילות המבוקשים בתכנית על מי התהום, והוכח, בהתבסס על בדיקה לעניין מניעת זיהום מי תהום, כי ניתן לנקוט באמצעים שיתנו מענה מלא למניעת זיהום ולהגנה על מי תהום.

30.1.3 נספח כאמור בסעיף 30.1.2 לרבות האמצעים המוצעים למניעת זיהום מי התהום יוגש לחוות דעת נציב המים. נציב המים יגיש למוסד התכנון את חוות דעתו בתוך 30 יום מיום שהומצאו המסמכים הידרשיים לצורך מתן חוות דעתו או תוך פרק זמן ארוך יותר כפי שיקבע מוסד תכנון. לא ניתנה תשובה במועד, יראה זאת מוסד התכנון כחוות דעת ללא הערות.

30.2 האמצעים למניעת זיהום ולהגנה על מי תהום כאמור בסעיף 30.1 יעוגנו בתכנית.

החלטה סופית על ביצוע אמצעים לשימור נגר תתקבל בשלבי תכנון מתקדמים על בסיס מידה מפורטת על טופוגרפיה וסוגי קרקעות. גם כן יש לציין, שהוויסות ושימור הנגר יהיה בתחום המגרשים ויבוצע כדלקמן :

✓ 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 – 15 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 שנמצאת בכבישים.

במסגרת תכנון מפורט של כל מגרש יובא לאישור רשות הניקוז התכנון המפורט של החדרה וויסות הנגר.

מתקני ההחדרת נגר לקרקע יתוכננו ויאושרו בהתאם לחוק המים התשי"ט 1959 ותמ"א 34 ב/4.

במסגרת תכנון מפורט של כל מגרש יובא לאישור רשות הניקוז התכנון המפורט של החדרה וויסות הנגר. מתקני ההחדרת נגר לקרקע יתוכננו ויאושרו בהתאם לחוק המים התשי"ט 1959 ותמ"א 34 ב/4.

רצ"ב טבלת עזר לחישוב נפחי האגירה שדרושים לבור חלחול בהתאם לגודל הבינוי :
זמן ריכוז – 15 דקות.

עוצמת גשם בהסתברות של 50% (ממוצע בין נתוני תחנות גבה ושדה משה) – 36.8 מ"מ/שעה.
כמות גשם בסופת תכן – 7.8 מ"מ.

שטח גגות (מ"ר)	נפח אגירה מומלץ (מ"ק)
500	4.76
1,000	9.52
1,500	14.28
2,000	19.04
3,000	28.56

נספח מס' 1**עוצמות גשם תחנת נגבה**

זמן ריכוז	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	240
הסתברות											
1%	200.5	151.7	113.3	94.1	80.5	56.9	50.6	41.5	28.8	16.4	15.7
2%	174.6	131.3	98.4	81.8	69.6	49.4	42.2	34.2	24.2	14.7	13.8
5%	141.1	104.8	79.0	65.8	55.3	39.8	32.4	25.8	18.8	12.5	11.4
10%	117.4	86.3	65.4	54.5	45.4	33.0	25.9	20.3	15.2	10.8	9.6
20%	93.5	67.9	51.8	43.2	35.6	26.1	20.0	15.4	11.9	9.1	7.8
30%	80.1	57.7	44.1	36.9	30.2	22.3	16.9	13.0	10.2	8.0	6.7
40%	69.1	49.4	37.9	31.7	25.8	19.2	14.6	11.1	8.9	7.2	5.8
50%	60.8	43.1	33.2	27.8	22.5	16.8	12.9	9.7	7.9	6.5	5.0

עוצמות גשם תחנת שדה משה

זמן ריכוז	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	240
הסתברות											
1%	195.2	121.2	92.4	77.5	61.8	53.0	42.6	33.9	27.7	20.7	16.4
2%	169.6	108.2	83.3	70.3	56.3	47.4	38.5	30.3	24.7	18.5	14.4
5%	137.2	91.8	71.8	61.0	48.9	40.2	33.1	25.5	20.7	15.5	11.8
10%	114.8	79.7	63.0	53.8	43.1	34.9	28.9	21.9	17.6	13.2	9.9
20%	93.0	67.5	53.9	46.2	37.0	29.3	24.5	18.0	14.3	10.8	8.0
30%	81.4	60.5	48.5	41.6	33.2	26.0	21.8	15.7	12.3	9.3	6.8
40%	72.1	54.8	44.0	37.8	30.0	23.3	19.5	13.8	10.7	8.0	5.8
50%	64.6	50.1	40.4	34.6	27.4	21.2	17.7	12.2	9.3	7.0	4.9

2' תפוח

CIA מודל

HIGHWAY DESIGN MANUAL

810-11

May 1, 2001

Table 816.6A
Roughness Coefficients For
Sheet Flow

Surface Description	<i>n</i>
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
<i>Grass</i>	
Short grass prairie	0.15
Dense grass	0.24
Bermuda Grass	0.41
<i>Woods^L</i>	
Light underbrush	0.40
Dense underbrush	0.80

^LWoods 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	<i>K</i> (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 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

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 (tc) be equal. Therefore, the first step in estimating (i) is to estimate (tc). Methods for determining time of concentration are discussed under Index 816.6.

- Once the time of concentration, (tc), 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.			

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.