



מדידה מדויקת של דפורמציות קרקעיות אנכיות
כתוצאה של גאות ושפל לאורך מישור החוף המזרחי
של האוקיינוס האטלנטי

Ocean Tidal Loading

אליאס עיסאוי, שגיא דליות



- תופעה שמעוררת עניין מחקרי לאורך ההיסטוריה האנושית

- התופעה מתרחשת פעמיים ביום

- כח המשיכה של הירח והשמש

- מחזור התופעה





- מדידה וכימות של הדפורמציות האנכיות של הקרקע עקב העמסת המים הנגרמת ע"י גיאות ושפל באזור מישור החוף של האוקיינוס האטלנטי בצפון מערב גרמניה
- להוכיח קורלציה בין זמני הגיאות ושפל לבין הגובה הנמדד באזור מישור האוקיינוס
- שימוש במקלט GNSS למדידת שינויי גובה מדויקים באופן סטטי
- הפרויקט בוצע במסגרת מחנה בין לאומי: טכניון, ישראל – אוני' אולדנבורג, גרמניה

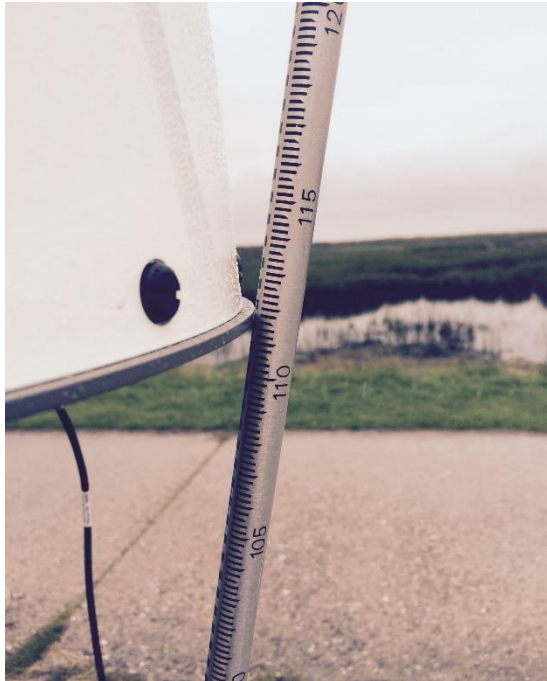




- ANTENT GNSS של חברת TOPCON
מסוג CR-G3 + מקלט
- ציוד מדידה מטאורולוגי
- משקולת למניעת תזוזות עקב רוחות
- ציוד נלווה



- לחקור את הדפורמציה מתוך 6 תחנות GNSS הפרוסות על מישור החוף, ולבחון האם הדפורמציה האנכית גורמת לאדמה לעלות או לרדת, ולמדוד את גודל הדפורמציה
- שאיפה להגיע לדיוקים גבוהים מאוד של עשירות המ"מ



- מדידת התחנות במשך שמונה ימים (לא ברצף)
- 6 תחנות GNSS נפרסו לאורך מישור החוף
- המרחק בין התחנות הינו עשרות קילומטרים, כך שבפועל נמדד מקטע של מעל 100 ק"מ
- כל מדידה ביום נמשכה לפחות 9 שעות, חפיפה עם ערכי GDOP נמוכים בין 2.5 ל- 4
- גובה האנטנה נמדד 8 פעמים בדיוק של עשירית המ"מ



- מדידת 20 לוויינים בו זמנית – GPS 10, GLONASS 9 ולוויין גלילאו אחד
- המדידות בוצעו באינטרוולים (epoch) של 5 שניות
- כל האובייקטים שבסביבה העשויים מתכת, כולל הרכב והציוד המטאורולוגי, הורחקו עשרות מטרים כדי להימנע מ-multipath והשפעות אחרות
- המקלט נבדק כל 10 דקות לוודא שמקליט את הנתונים בצורה אמינה



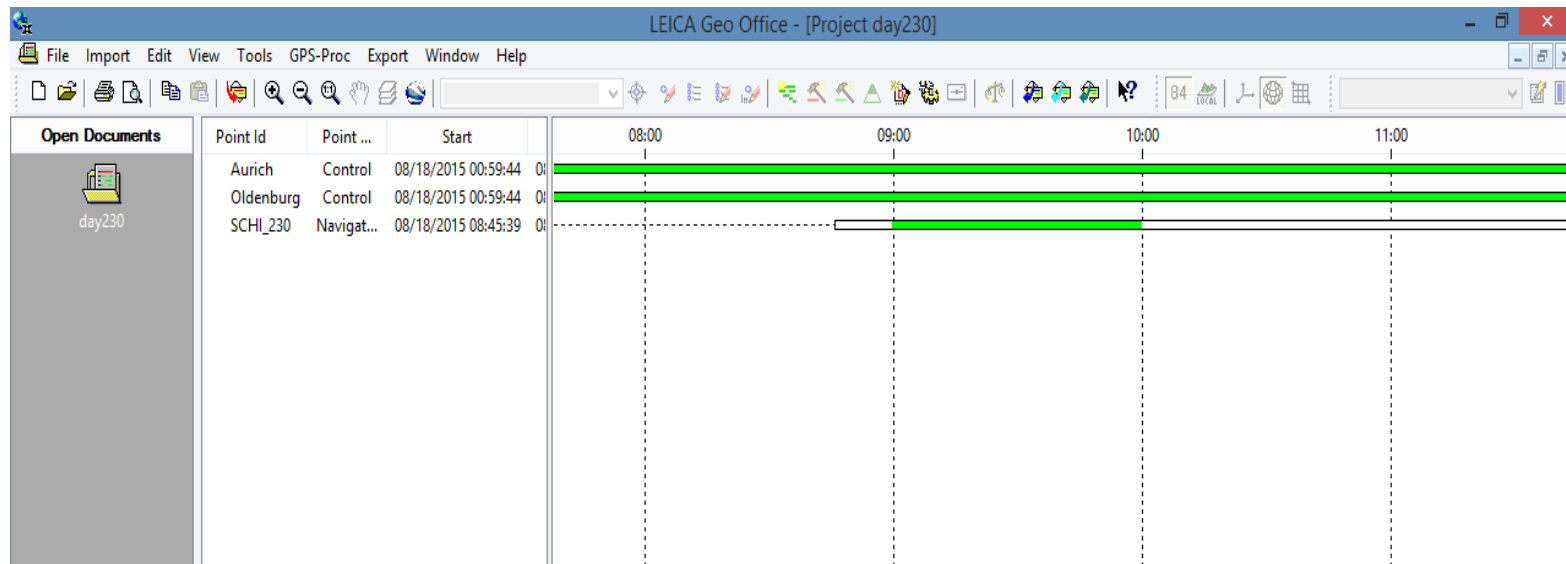


○ עיבוד הנתונים בוצע עבור תחנת Schilling (המזרחית ביותר)

○ תהליך התיאום בוצע בתוכנת LGO

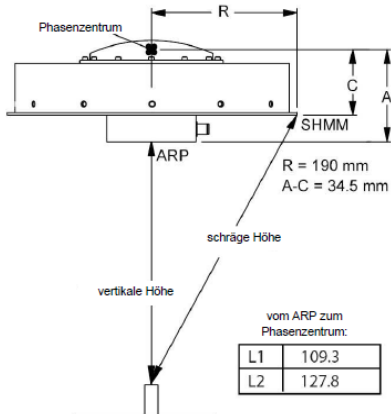
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

○ עיבוד המדידות בוצע ביחס לשתי תחנות קבע באזור





- תיאום ראשוני בוצע למשך כל ה-9 שעות על מנת לקבל את הגובה הממוצע של כל זמן המדידה. בנוסף, כדי לקבוע את ווקטור המדידה מהנקודה בשטח לשתי תחנות הקבע

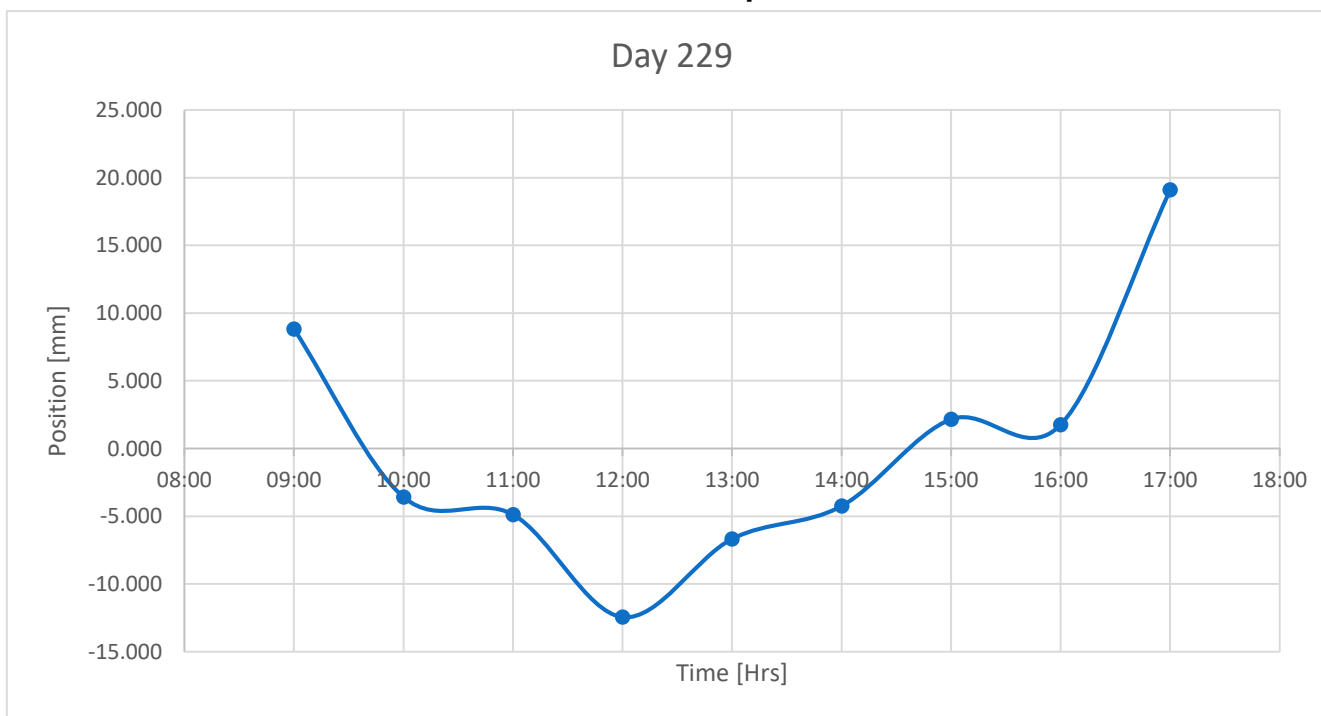


- ביצוע בדיקות של הפרשי זמן שונים
לדוגמא, תיאום בתדירות של שעתיים / חצי שעה וכו' - נמצא
אמפירית כי הפרש של שעה אידיאלי מכיוון שהשינוי הינו הדרגתי

○ הגובה ביחס לאליפסואיד מערכת WGS84



גרף הדפורמציה

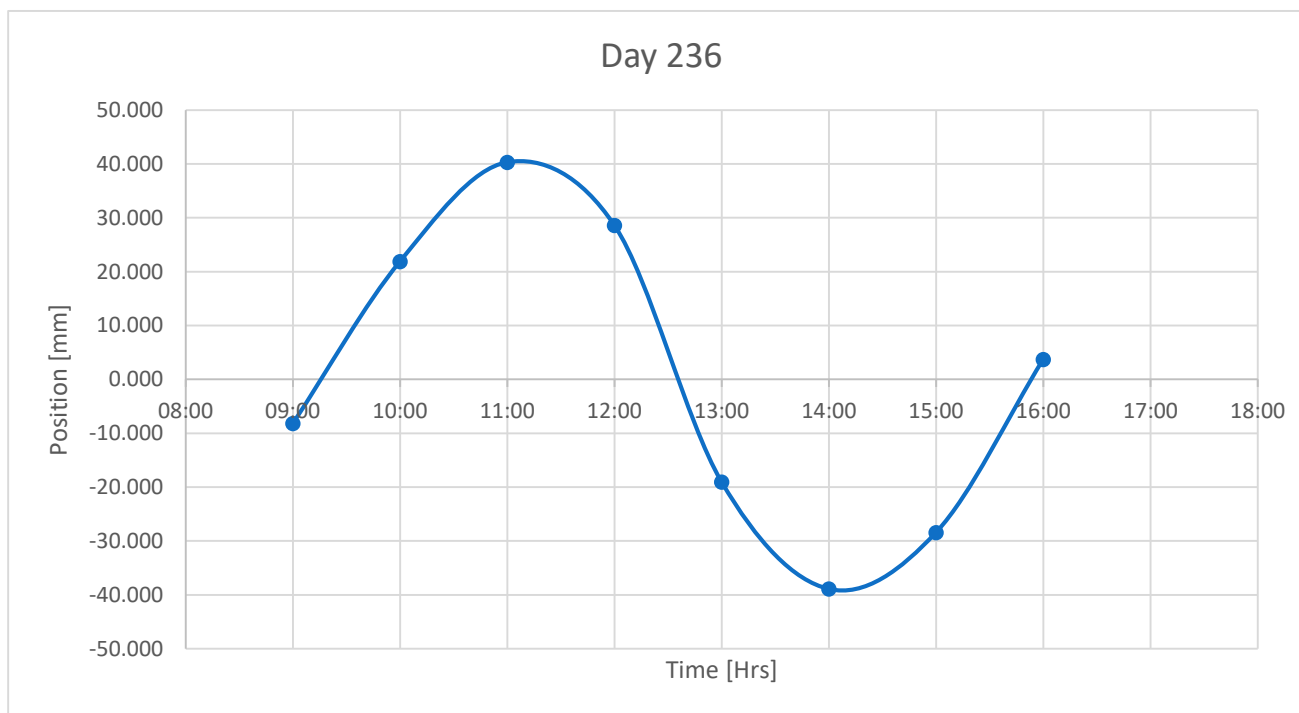


לפי ציר הזמן
- תזוזות
- זמן

ההפרשים המוצגים בגרף הינם ביחידות של מ"מ עם שעות שלמות •



גרף הדפורמציה



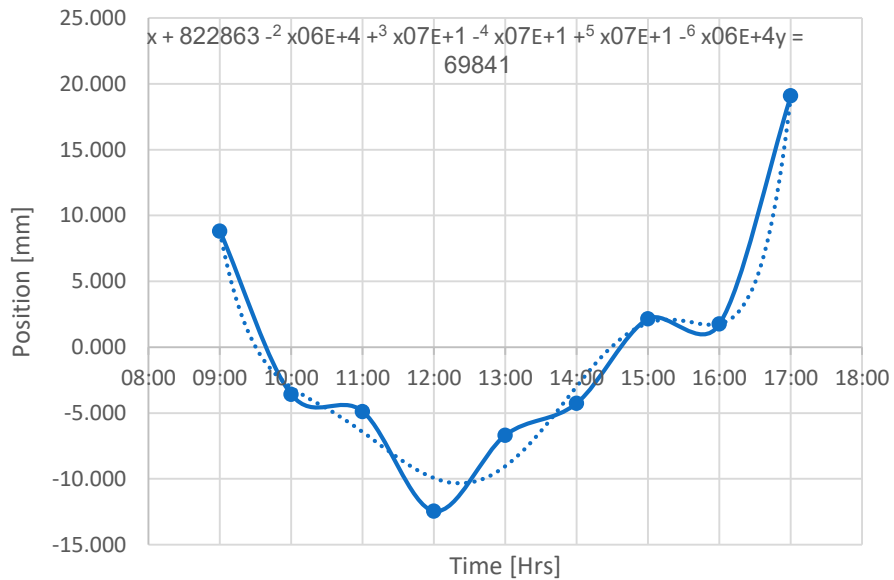
לפי ציר הזמן
- תזוזות
- זמן

ההפרשים המוצגים בגרף הינם ביחידות של מ"מ עם שעות שלמות

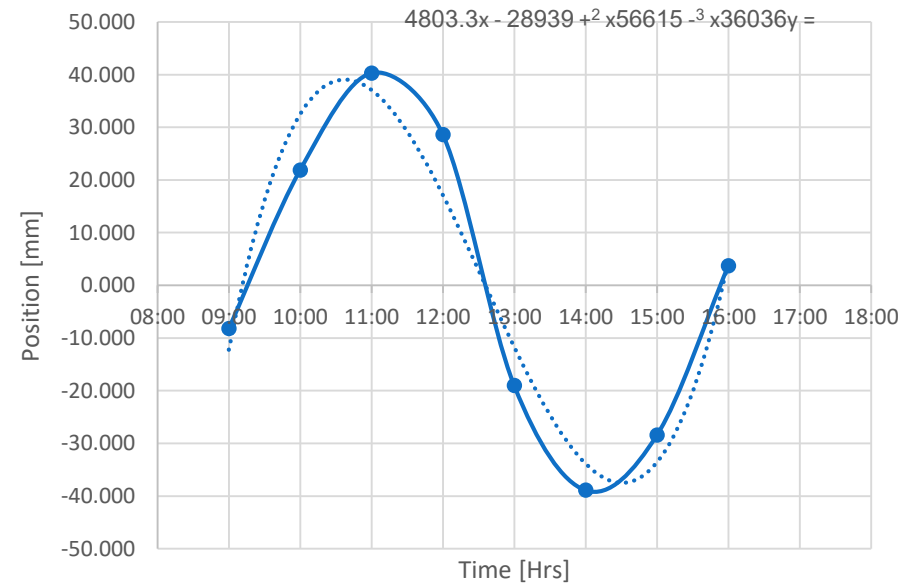


פולינום מדרגות שונות להתאמת גרף הדפורמציות האנכיות

Day 229

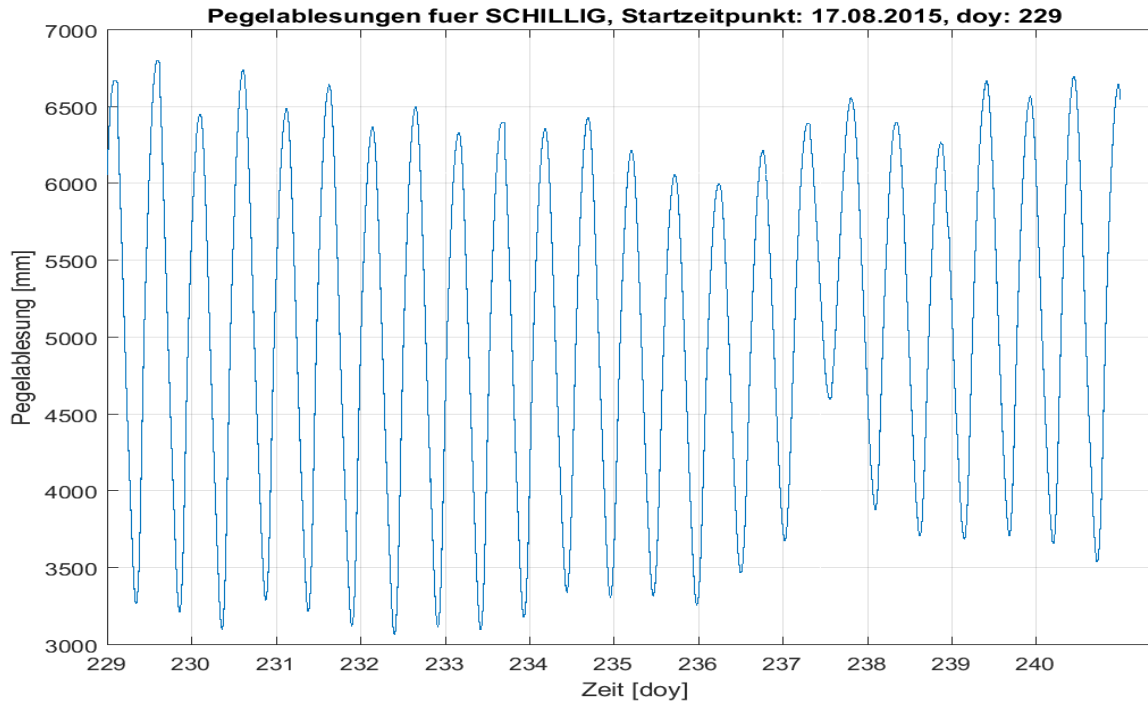


Day 236





גרף גובה לפי ימים בתקופת המחקר



לפי ציר הזמן

- גובה

- זמן

• הגרף מתאר את הגובה עם ציר הזמן לימים בהם בוצעו מדידות. ניתן לראות שהגרף מתנדנד בצורה סינוסואידלית, בדומה ליום 236, בהשפעת הגאות והשפל (דיוק 1 מ"מ)



נמצר קשר חיובי בין התופעות – קורלציה חזקה ✓

המדידות (והגרפים) הוכיחו כי קיימת דפורמציה אנכית מובהקת של הקרקע תחת ההשפעה של גאות ושפל, ואפשרו כימות מדויק של התופעה ✓

קיבלנו דפורמציה אנכית בהפרש גובה של 8 ס"מ ✓

זמני המדידה הכילו את 6 השעות בהן מתרחשת העברה בין גיאות לשפל - ולהיפך ✓



- ❖ הפרויקט בוצע עבור מדינה אחת, אפשר להרחיב למדינות נוספות באזור כדי לקבל תובנות גלובליות
- ❖ בחירת ווקטורים קטנים יותר לתחנות קבע הייתה משפרת את הדיוק שהושג
- ❖ מדידה רצופה יותר של מחזורי גאות ושפל שלמים
- ❖ סוגי הליווינים יכולים להשפיע על המדידות – לנתח כל סוג בנפרד
- ❖ לחקור את הדפורמציה האנכית במרחק גדול יותר ממישור החוף



- ❑ מדידה מדויקת לאורך זמן אפשרה קבלת מדידת דפורמציה אנכית מקסימלית של עד 8 ס"מ ביום
- ❑ עבור חלק מהימים התקבל גרף סינוסואידאלי חלק מובהק, כמצופה מהתופעה הפיזיקלית
- ❑ הדיוק הגבוהה שהושג במחקר מאפשר קבלת תובנות הנדסיות וגיאודטיות מובהקות
- ❑ תוצאות המחקר יכולות לתרום לבניית מודלים מורכבים הרלוונטיים לגאודזיה גבוהה, כמו כן כלי למקבלי ההחלטות באזור
- ❑ שיפור דיוק הלוויינים במדידות גובה על פני הקרקע, וספציפי מול מקומות בקירבת הקטבים ומישור החוף

תודה רבה!



**MAPPING & GEO INFORMATION
ENGINEERING**

