



# **ELMİN İNKİŞAFI FONDUNUN 2013-CÜ İL ÜÇÜN 3-CÜ “MOBILLİK QRANTI”**

**Qısamüddətli elmi  
təcrübəkeçmə müsabiqəsinin  
EIF-Mob-3-2013-6(12) - QMTK**

**HESABATI**

**KAZIMOVA SƏBİNƏ ELDAR q.**

AMEA nəzdində Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi

**BAKI 2014**

## BÖYÜK QAFQAZIN AZƏRBAYCAN HISSƏSİNİN SEYSMOTOMOQRAFIYASI

Eykonal tomoqrafiya üsulu ilə Böyük Qafqazın Yer qabığının üçölçülü sürət modelini qurmaq məqsədi ilə ABŞ-nın Livermol şəhərinə **Lavrens Livermol Milli Laboratoriyasında** 17.03-02.04.2014 tarixləri arasında təcrübə keçmişdir. Həmin üsul Lavrens Livermol Milli Laboratoriyasının “Yerin atmosferası və energetikası” şöbəsinin əməkdaşları Rengin Gok və Robert Mellors(Livermore Natl. Lab., Livermore, Calif.) tərəfindən işlənilib. Səfər zamanı Kazımova S.E. Berkli Universitetinin əməkdaşları Daq Dreqer və Maykl Manqa ilə görüşüb və Moment Tenzor (zəlzəli ocaqların fokal mexanizmlərinin qurulması proqramı) və palçıq vulkanların yeni üsulların analizini müzakirə edmişdir.



Layihənin məqsədi: Seismik dalğaların əsasında Böyük Qafqazın Azərbaycan hissəsinin Yer qabığının və üst mantiyasının sürət qeyri-bircinsliyinin öyrənilməsidir.

Layihənin əsas məsələləri:

1. AMEA RSXM-nin kataloqlarından 2009-2013-cü illər ərzində baş vermiş zəlzələlərin seysmik dalğaların və küylərin SAC formatında toplanması.
2. Hər bir stansiyaların arasında seysmik dalğaların korelyasiyasının aparılması və tomoqrafiya üçün dalğaların seçilməsi.
3. Rəqəmsal məlumatlar əsasında, Böyük Qafqazın Yer qabığının birölçülü sürət modelinin tərtib olunması.
4. Eykonal tomoqrafiya üsulun əsasında Yer qabığının azimut anizotropiyanın analizini aparmaq.
5. Üçölçülü sürət modelini qurmaq.

Layihənin aktuallığı:

Yer təkinin dərinlik qatlarının xüsusiyyətlərini öyrənməkdə imkansız olan geoloji üsullardan fərqli olaraq, sürət modeli əhəmiyyətli seysmoloji vasitə sayılmalıdır.

Bu vaxta qədər Azərbaycan ərazisinin sürət modelini tərtib edərkən geofiziki məlumatlardan istifadə olunurdu. Hal hazırda Azərbaycanda seysmik siqnalların rəqəmsal formada qeydiyyatı mümkün olur.

Yer təkinin dərinlik quruluşunu tədqiq edərkən seysmik tomoqrafiya üsulu, həcmi dalğaların zəlzələlərdən gəlmə vaxtının məlumatları əsasında, Yer qabığın və mantiyanın strukturu və fiziki xüsusiyyətləri barədə müstəqil məlumat almağa imkan verir. Bununla əlaqədar, seysmotomoqrafik alqoritmlərin öyrənilməsi və onların əsasında Böyük Qafqazın Yer qabığının bir və üçölçülü sürət modellərinin

tərtib olunması seysmoloji tədqiqatlar üçün çox əhəmiyyətlidir. Hesablanmış sürət modelləri əsasında alınan yeni məlumatlar, tektonik xəritələrlə birlikdə, geoloji quruluşu öyrənməyə və həmin ərazidə baş vermiş geodinamik prosesləri yüksək dərəcədə təsvir etməyə imkan verir.

## **Giriş**

Layihənin işi rəqəmsal seysmik stansiyaların məlumatına görə modelin arasıkəsilməz parametrləşdirilməsi üsulu əsasında Böyük Qafqazın Yer qabığının fəza sürət qeyri-bircinsliyinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Seysmik tomoqrafiya, həcmi seysmik dalğaların hərəkətdə olma vaxtının məlumatlarından istifadə edərək, yer qabığında və mantiyada seysmik dalğaların paylanma sürətlərinin üçölçülü modelini qurmağa imkan verir.

Tədqiqat prosesində 2009-2013 illər dövründə telemetrik stansiyaların şəbəkəsi vasitəsilə qeyd alınmış P və S dalğaların girişi vaxtı və lokal zəlzələlərin parametrlərinin seysmoloji məlumatları nəzərdən keçirilmişdir. Zəlzələ ocaqlarının parametirləri; ocağın koordinotları, dərinliyi, hadisənin başvermə vaxtı, P və S dalğaların gəlmə vaxtları Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin kataloqlarından alınmışdır.

Yer təkinin dərinlik quruluşunu tədqiq edərkən seysmik tomoqrafiya üsulu, həcmi dalğaların zəlzələlərdən gəlmə vaxtının məlumatları əsasında, Yer qabığının və mantiyanın strukturu və fiziki xüsusiyyətləri barədə müstəqil məlumat almağa imkan verir.

Beləliklə gözlənilən nəticələr: rəqəmsal məlumatlar əsasında, Böyük Qafqazın Yer qabığının birölçülü sürət modelinin tərtib olunması; eykonal tomoqrafiya üsulunun əsasında Yer qabığının azimut anizotropiyanın analizini aparmaq; üçölçülü sürət modelini qurmaq.

Hesablanmış sürət modelləri əsasında alınan yeni məlumatlar, tektonik xəritələrlə birlikdə, geoloji quruluşu öyrənməyə və həmin ərazidə baş vermiş geodinamik prosesləri yüksək dərəcədə təsvir etməyə, yer qabığına neft yataqları aşkar etməyə imkan verir.

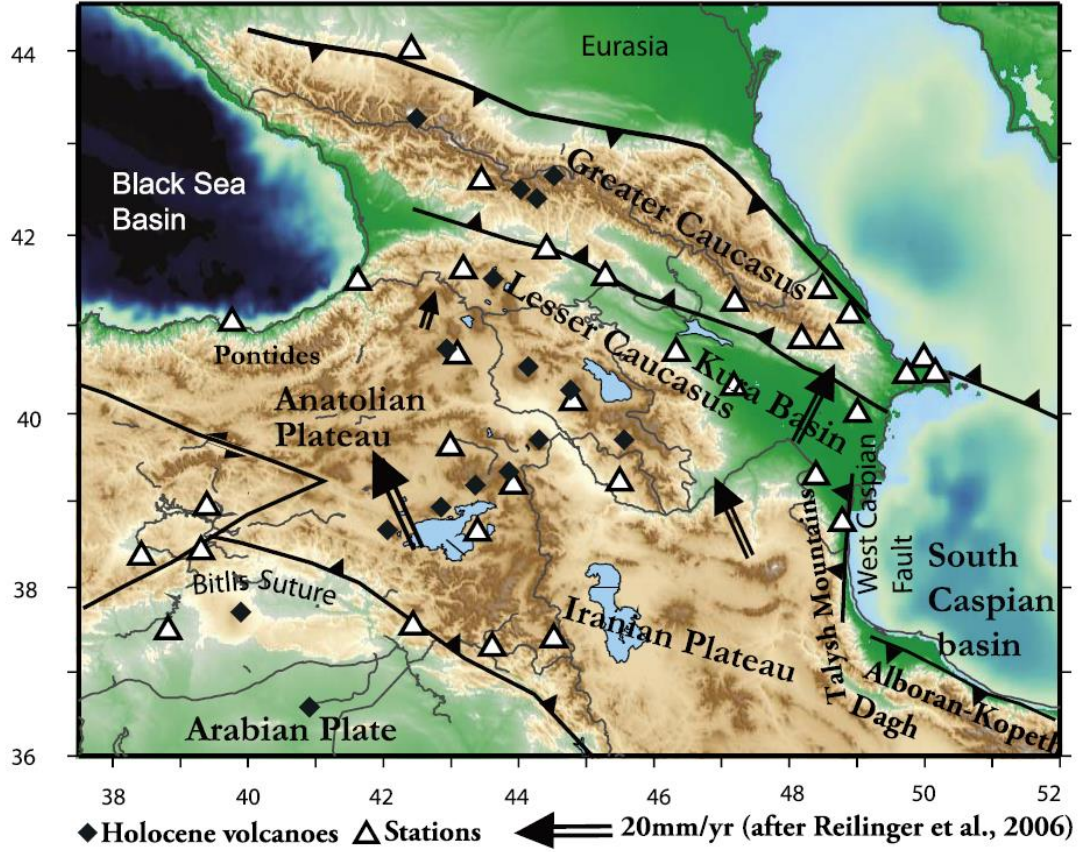
### **Təcrübəkeçmə planı və mərhələləri:**

1. AMEA RSXM-nin kataloqlarından 2009-2013-cü illər ərzində baş vermiş zəlzələlərin seysmik dalğaların və küylərin SAC formatında toplanması.
2. Hər bir stansiyaların arasında seysmik dalğaların korelyasiyasının aparılması və tomoqrafiya üçün dalğaların seçilməsi.
3. Eykonal tomoqrafiya üsulun öyrənilməsi
4. Rəqəmsal məlumatlar əsasında, Böyük Qafqazın Yer qabığının birölçülü sürət modelinin tərtib olunması.
5. Eykonal tomoqrafiya üsulun əsasında Yer qabığının azimut anizotropiyanın analizini aparmaq.
6. Üçölçülü sürət modelini qurmaq.
- 7.

## **BÖYÜK QAFQAZIN GEODİNAMİK VƏZİYYƏTİ**

Böyük Qafqazın tektonikası qısa şərh olunub, tədqiqat sahəsinin seysmikliyinin kəmiyyət qiyməti verilmişdir. Böyük Qafqaz Alp qırışıqlıq qurumu olub Qafqaz bərxəzinin şimal hissəsini əhatə edir və Taman yarımadasından Abşeron yarımadasına qədər 1300 km məsafəyə uzanır, maksimal eni 150 km-dir (şək.1). Regionun tektonikası haqqında müasir məlumat, Azərbaycan, Gürcüstan, Rusiya

geoloqlarının çoxillik tədqiqatlarına, geofiziki üsullarla dərinlik geoloji xəritələməyə, həmçinin paleotektonik rekonstruksiyalara əsaslanır.



Şək. 1. Qafqaz ərazisinin tektonik xəritəsi

Böyük Qafqazın cənub ətkələrinin qırışılıq dislokasiyaları, sıxılma şəraitində, kütlələrin cənub, bəzən isə cənub-qərb istiqamətində yerdəyişməsi ilə formalaşmışlar. Müasir strukturda bunlar qırılmalarla mürəkkəbləşmiş lokal qırışılıqlarla təşkil olunmuşdur.

Şamaxı-Qobustan çökəyində örtüyün allaxton hissəsinin yerdəyişmə amplitudası 20-25 km-ə bərabərdir. Örtük plastinə bəzən miosen çöküntülərinin də üzərinə yatır, bu da neotektonik etapda sıxılma gərginliyinin aktivliyini göstərir.

Acınohurda maksimal sıxılma gərginliyi yan-yana yerləşən iki antiklinal zonada əksini tapmışdır.

Beləliklə, Böyük Qafqazın dağlıq hissəsində baş verən sıxılma Qobustanın, Acınohurun və Kür-Qabırrı çayarası struktur elementlərində horizontal hərəkətləri şərtləndirmişdir. Bununla yanaşı gecorogen tektonik proseslərdə Acıçay-Ələt dərinlik çatının yüksək aktivliyi də qeyd olunmalıdır.

## **BİRÖLÇÜLÜ VƏ ÜÇÖLÇÜLÜ SÜRƏT MODELİNİN QURULMASI METODİKASI**

Seysmik tomoqrafiya, həcmi seysmik dalğaların hərəkətdəolma vaxtının məlumatlarından istifadə edərək, yer qabığında və mantiyada seysmik dalğaların paylanma sürətlərinin üçölçülü modelini qurmağa imkan verir.

Seysmik dalğanın hərəkətdəolma vaxtı Ferin funksionalı ilə müəyyən olunur, ki bunda inteqrallanma (birləşmə) ekstremal (şüa) boyu yerinə yetirilir:

$$T = \int_L \frac{dl}{v(\mathbf{r})}, \quad (2)$$

$v(r)$  – seysmik dalğanın  $r$  nöqtəsində sürətidir,  $L$  – seysmik şüanın trayektoriyasıdır, ki buda seysmik dalğanın mühitdəki sürətində asılıdır, yeni mənbənin koordinatıdır. Ümumiyyətlə götürdükdə  $T$  seysmik dalğasının hərəkətdəolma vaxtı,  $X_{mən}$   $Y_{mən}$   $Z_{mən}$  koordinatları olan müəyyən zəlzələdə yayılması və stansiyaya doğru yayılma mənbədə olan vaxtı  $t_{mən}$ .

$$T = f(v(\mathbf{r}), x_{ucm}, y_{ucm}, z_{ucm}, t_{ucm}), \quad (3)$$

Əsas məsələ sürətin  $v(r)$  zəlzələlərin koordinatlarını və mənbədə olan vaxtını, çoxsaylı ölçülərlə müxtəlif şüaların yer səthində hərəkətdəolma vaxtını  $T$  təyin olunmasıdır.

Parametrizasiya prosesində yaranmış sadələşdirilmiş sürət modeli, hər bir hansısa bazis funksiyasına vurulmuş, parametrlərin son rəqəmlərinin cəmi şəkilində təqdim olunur:

$$v(\mathbf{r}) = \sum_{k=1}^M \gamma_k h_k(\mathbf{r}) \quad (4)$$

$h_k(r)$  –  $M$  bazis funksiyaları, bu funksiyalar üçün  $\gamma_k$  – müxtəlif əmsallardır.

Hipomərkəz axtarışı məsələsi ocağın məkan – zaman vəziyyətinin axtarışına münəvər olur (kecir): bu ocaq üçün seysmik dalğaların müşahidə olunan momentləri ilə qodoqrafdan götürülən nəzəri momentləri arasındakı fərq minimal olur.

Hipomərkəzin axtarışı başlanğıcı Yer mərəkəzində olan başlanğıc zamanına ( $\Delta t_i$ ), bu stansiyanın dəniz səviyyəsindəki hündürlüklərinə görə düzəliş verilir  $H^{sta}$ .

Korrelyasiya  $\Delta t_i = -\frac{H_i^{sta}}{V^{top}}$ , kimi daxil olur; burda Yer qabığına çıxış bucaqlarının kiçik olması  $V^{top}$  hesablanır (en dairəsi, uzunluq dairəsi).

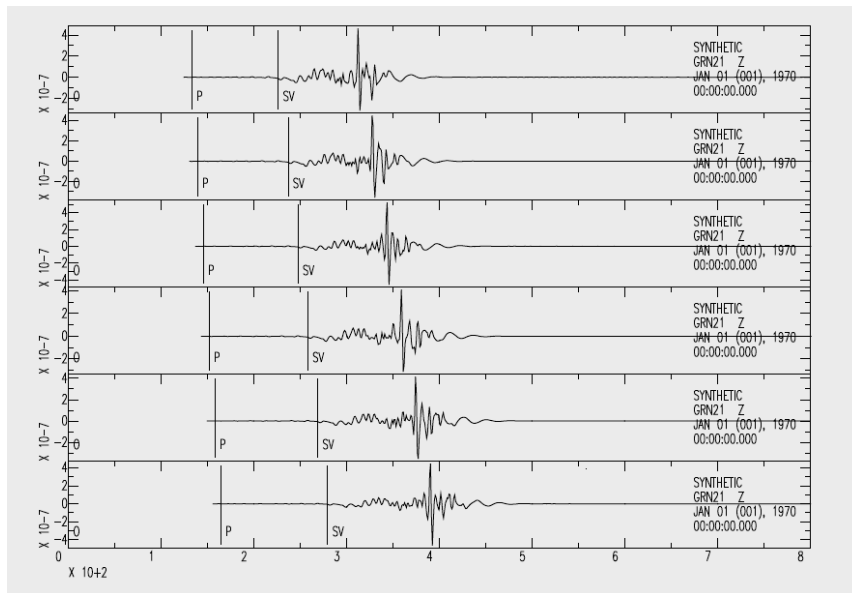
## **SEYSMOLOJİ MƏLUMATLAR BAZASI VƏ ONLARIN SEÇİLMƏ KRİTERİYALARI**

Tədqiqat prosesində 2009-2013 illər dövründə telemetrik stansiyaların şəbəkəsi vasitəsilə qeyd alınmış seysmik küylərin məlumatları nəzərdən keçirilmişdir. Hipomərkəzlərin parametrləri; ocağın koordinotları, dərinliyi, hadisənin başvermə tarixi, P və S dalğaların keçilmə vaxtları Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin kataloqlarından almışdır. Zəlzələ ocaqlarının və



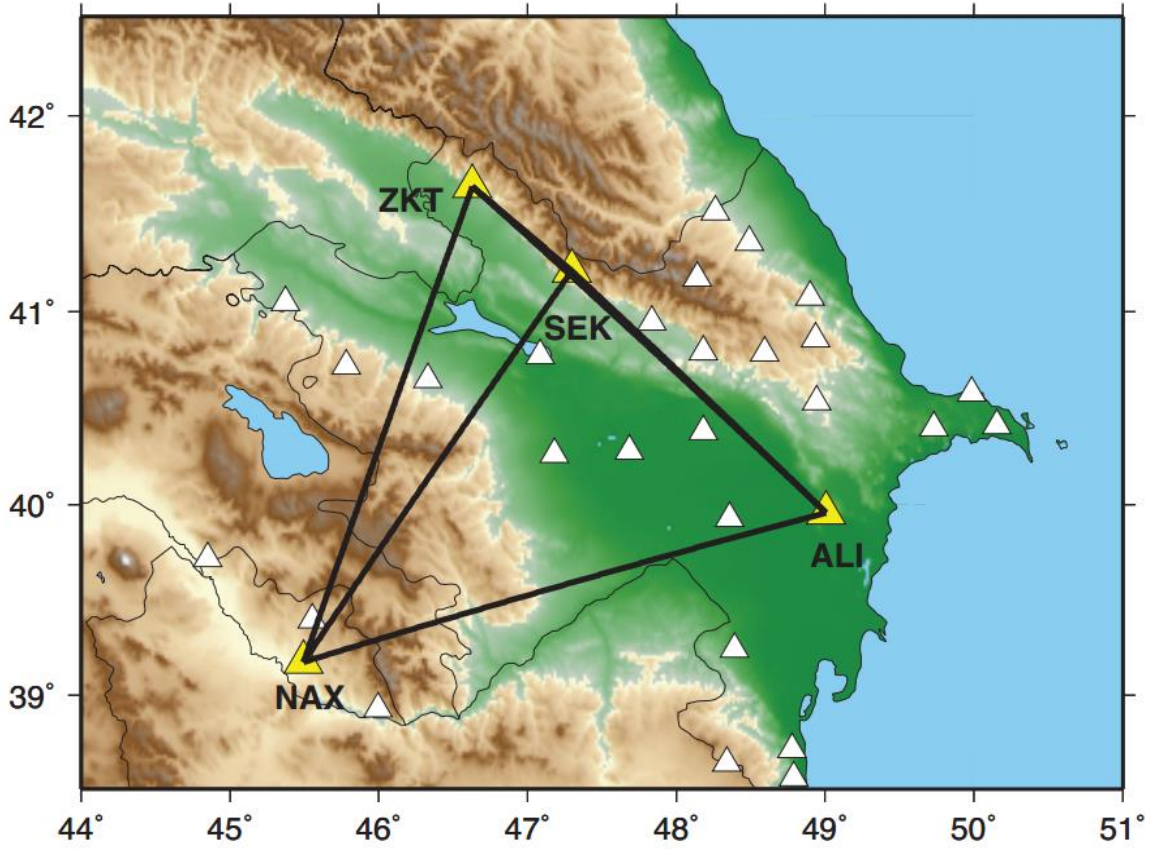
seysmoloji stansiyaların yerləşməsindən aslı olaraq, tədqiqat sahəsi yer qabığının və üst mantiya hissəsinin 60 km qədər dərinliyi və 320 x 190 km sahəsinin əhatədir (en dairəsi – 40,50 42,00; uzunluq dairəsi 45,00 – 48, 90 dir ). Tədqiqatların ilkin mərhələsində P və S dalğaların hərəkətdə olma vaxtı məlumatları əsasında qodoqraflar qurulmuşdur. Seysmik dalğaların layvari seysmik modelində yayılmasının analizi göstərdi ki, 140 km qədər qısa episentran (epimərkəz) məsafələrdə ( $\Delta$ ) P və 200 km məsafələrdə S dalğalar şəraitində yalnız düzxətli dalğa 3,5 (2,0) km/san. sürətlə yayılır. P və S dalğalar üçün  $\Delta \approx 150 - 200$  km olarsa sınımış dalğalar 6,0 (3,4) km/san. yaranırlar. Sonra epimərkəz məsafələrdə P dalğa üçün 170 km və S dalğa üçün 220 km də ilk dəfə 7,4 (4,2) km/san sürətlə qabaqcıl (baş) dalğalar qabaqcıl dalğaların girişləri arasındakı hipomərkəzlərin koordinatlarını müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunan Lebedeva – Levinnskayanın qodoqrafının yanlış olduğunu göstərir.

Beləliklə, 4 stansiyada alınmış SAC formatda dalğalar seçilmişdir. Hesablamalar Linux operation sistemində aparılır (şək.2. 3) .



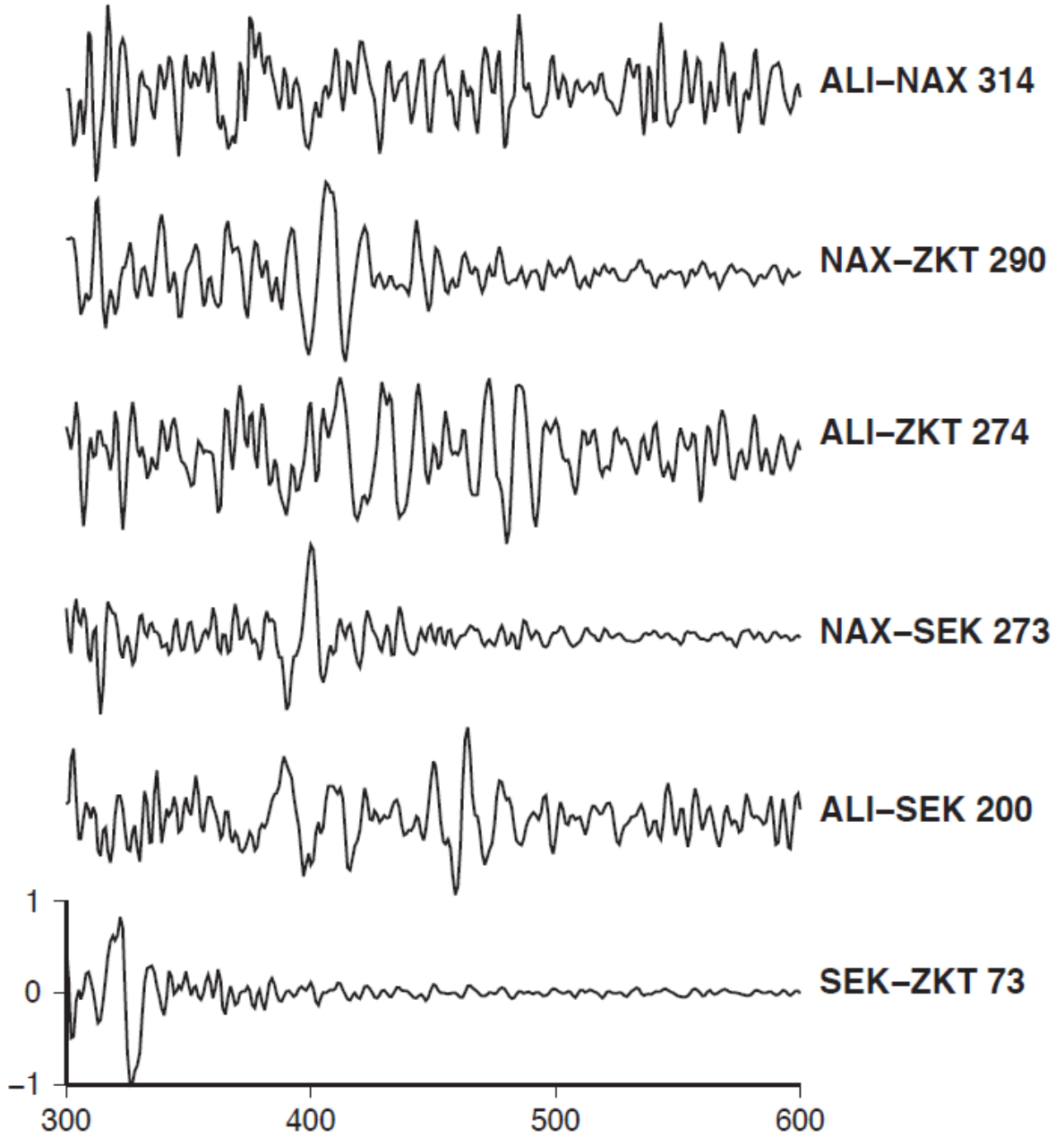
Şək. 2. Seysmik dalğaların SAC formatda yazılışı

Hər iki stansiyanın arasında DOCONVERT, DOITALL və DOSTACK proqramları ilə korelyasiya aparılır.



Şək.3 Tədqiqat işlərdə seçilmiş 4 stansiyalar

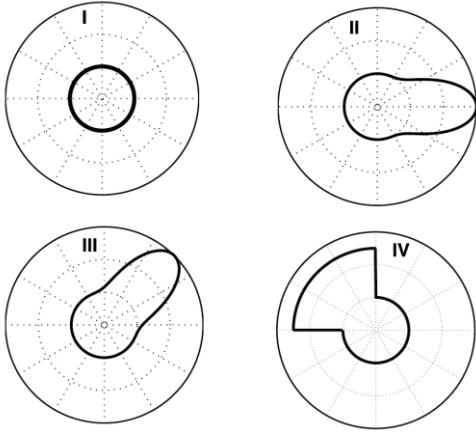
Hər iki stansiya üçün WSTK fayıllar alınır - NAXALİBHR.WSTK  
SEKALİBHT.WSTK ZKTSEKBHZ.WSTK (şək. 4).



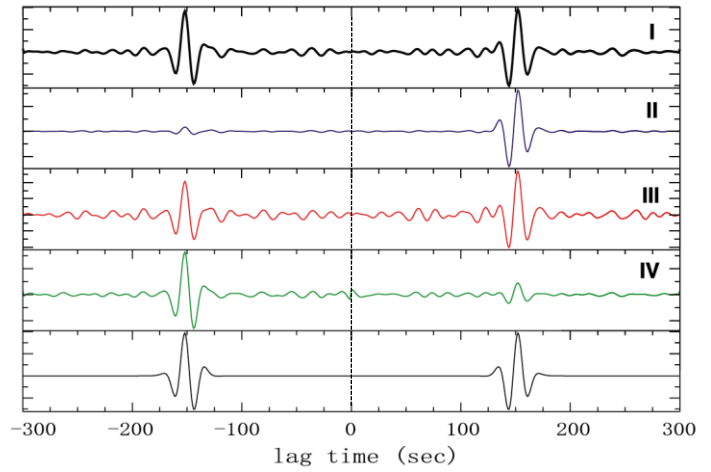
Şək. 4 İki stansiya üçün alınan WSTK fayıllar

Müşahidələrin məqsədi hər stansiyaların ətrafında qeyd olunan küylərin arasında oxşar piklərin tapılması. Hər tezlik intervalında qeyd olunan oxşar piklər mühitin qeyri-elastik əlamətlərini göstərir (şək.5).

### Simulated Noise Distributions



### Example Cross-Correlations



Expected error < 0.5 sec

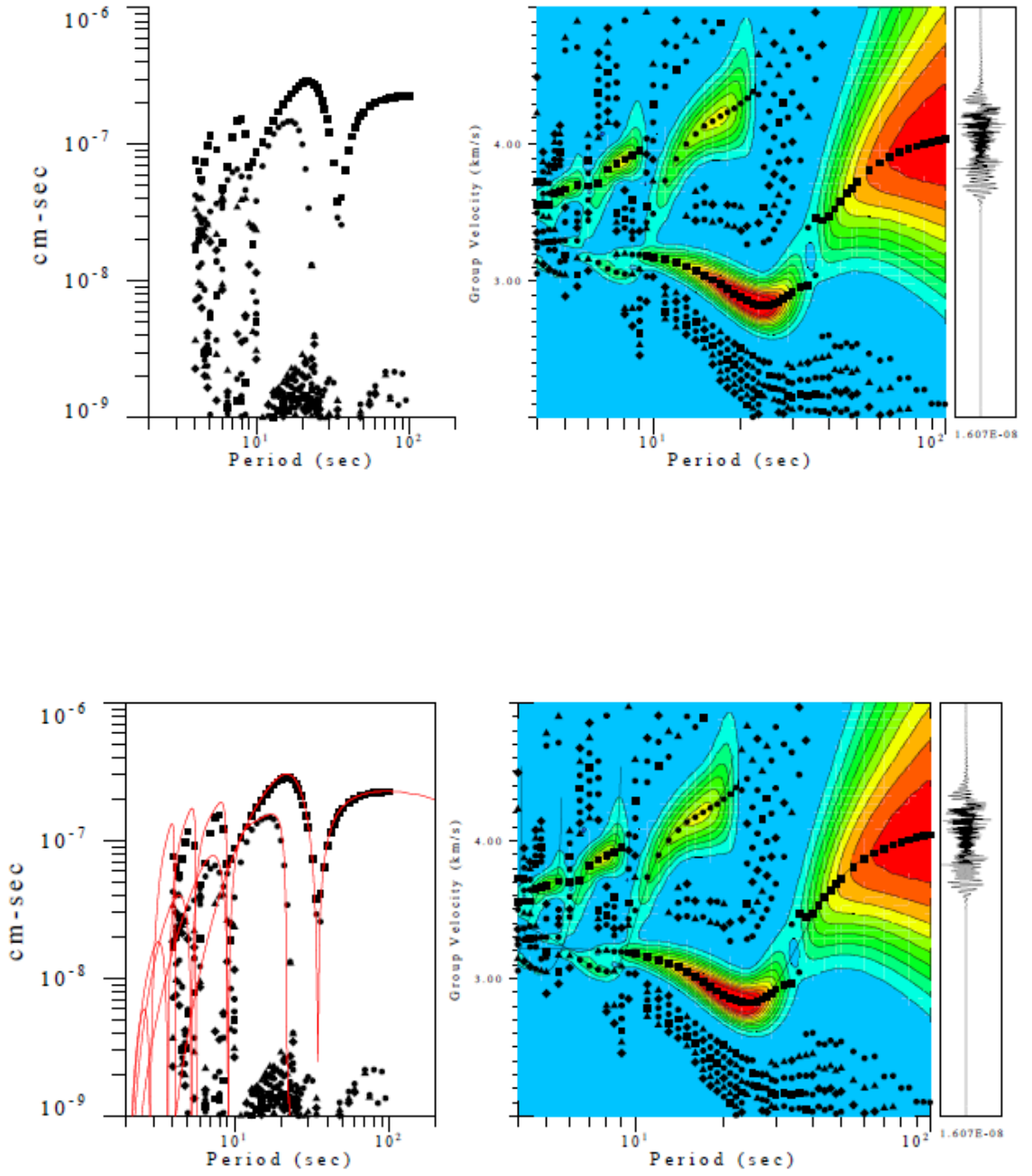
Şək. 5. Qeyd olunan küylərin arasında oxşar piklər

Üçölçülü tezlik sahəsini hesablamaq üçün do-mft və TOMO proqramlarından istifadə olunmuşdur. Bu proqramda modelin parametrizasiyası Delone tetraedrlərinin köməyi ilə hazırlanır; bu tetraedrlərin daxilində xətti sürət fasiləsiz dəyişir.

Test tezlik modelinin hesablanması zamanı, real tezlik modelinin hesablanması zamanında olduğu kimi x oxu üzrə şəbəkə nöqtələri hər 50 km-dən bir y oxu üzrə isə hər 30 km-dən bir təyin olunurdular. Alınmış üçölçülü model xətti kvaziardıcıdır(sürət funksiyası konkret dərinliklərdə qırılmaya məruz qalır), horizontal istiqamətdə isə fasiləsizdir.

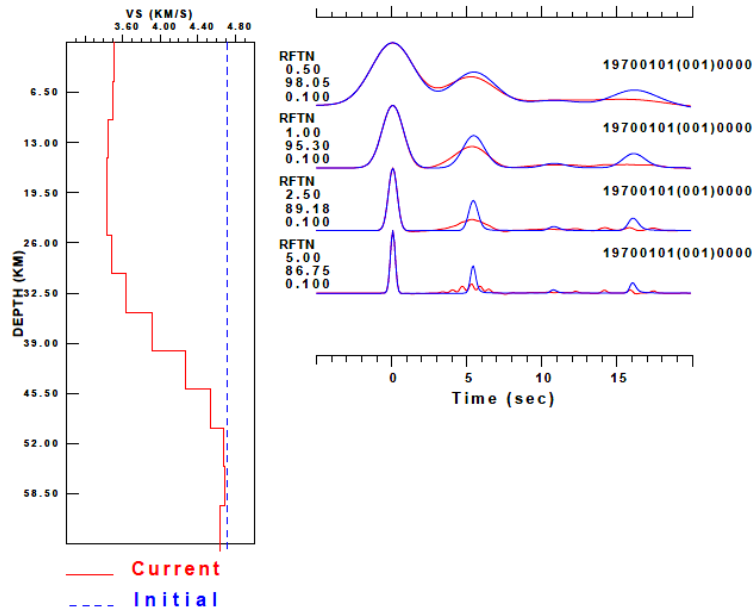
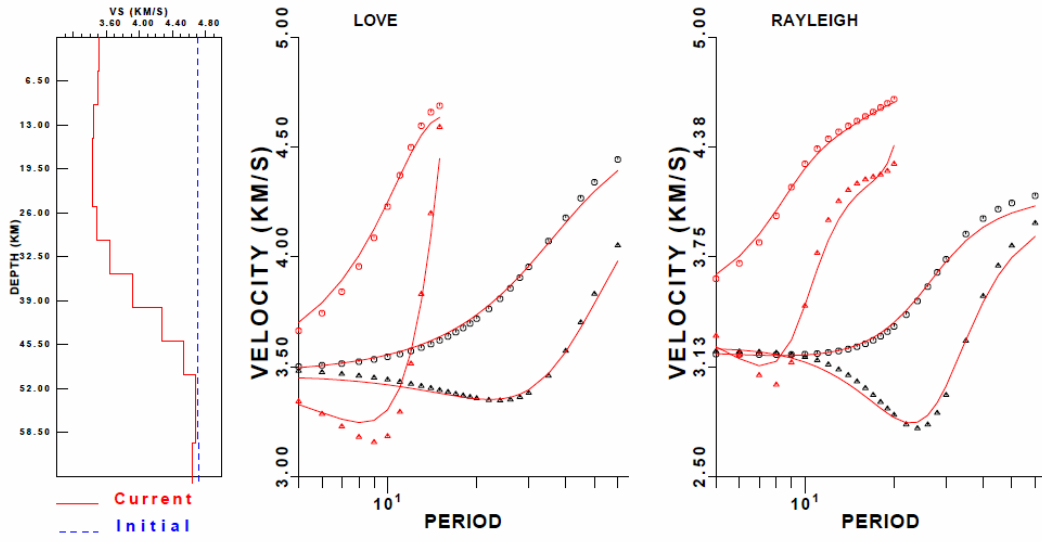
Belə ki, hər iki stansiya üçün WSTK fayıllar do-mft proqram vasitəsi ilə dalğaların sürətin periodlardan assılıq qrafiki qurulur.

Aşağıda şək.6-də ikiölçülü tezlik modelinin kəsilişi göstərilmişdir.



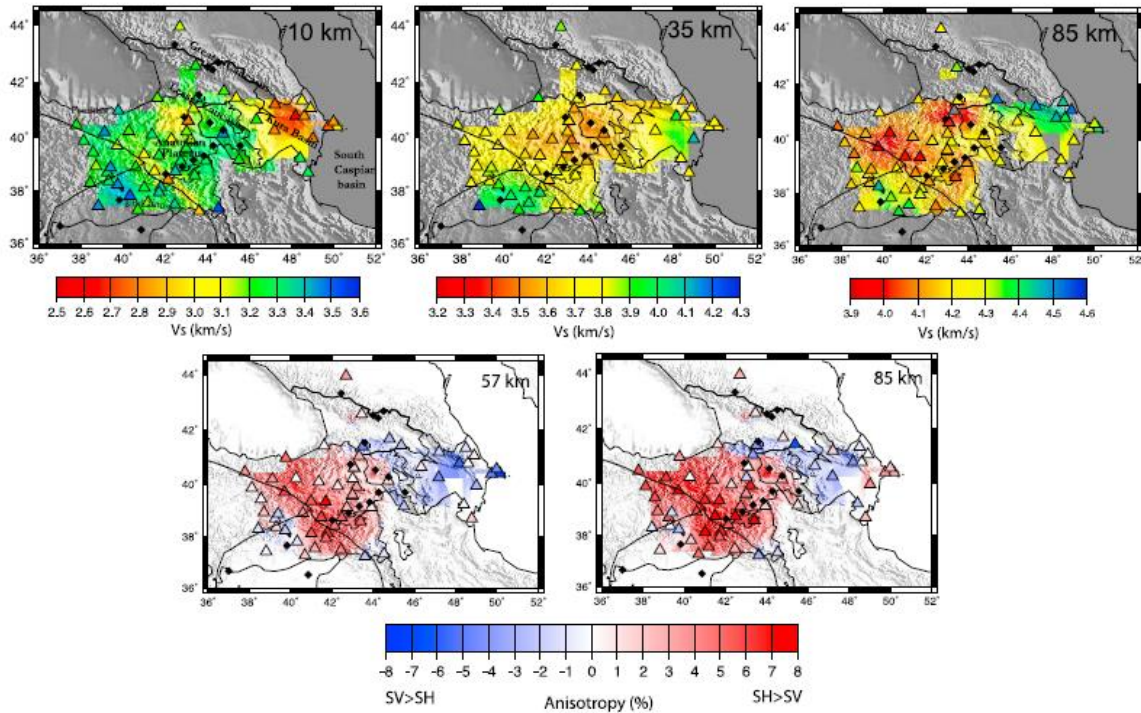
Şək. 6. İkiölçülü tezlik modelinin qrafiki

Eyni zamanda Reley və Lyava dalğaları üçün 1 ölçülü sürət modellər hesablanır (şək.7).



Şək. 7. Reley və Lyava dalğalarının 1 ölçülü sürət modelləri

Həmin hesablarında alınan nəticələr Tomo programında istifadə olunur və mühitin hər dərinliklər üçün sürət modelləri qurulur. 10 km dərinlikdə sürətlərin qiymətləri xeyli dəyişir. Böyük Qafqaz ərazisində sürətlərin 5,9-6,1km/san qiymətləri ilə xarakterizə olunur. Yevlax-Ağcabədi əyilməsində, Çatma-Acınohur zonasının şərq hissəsində, Muğan zonasında, həmçinin Vəndam və Zaqatala-Qovdağ zonalarının şərq hissəsində sürətlər 5,8-5,9 km/san qiymətləri ilə xarakterizə olunur. Gəncə rayonunda sürət qiymətləri 6,1 km/san olan kiçik bir ərazi qeyd olunur. 1-9 km dərinlik intervalında sürətlərin maksimum qiymətləri Şəki və Şamaxı-İsmayılı regionlarında qeyd olunubsa, 10 km dərinlikdə ümumqafqaz istiqamətinə perpendikulyar istiqamətdə uzanan şəki rayonu zonası qeyd olunur ki, bu zona sürət qiymətlərinin 6,1-6,2 km/san olması ilə xarakterizə olunur (şək. 8).



Şək. 8. Müxtəlif dərinliklər üçün sürət modelləri

## Nəticələr:

Regionun dərinlik geoloji quruluşuna və yer qabığının əsas bölünmə sərhədlərinə söykənərək qeyd etmək olar ki, 1-3 km dərinlikdə, çökmə tip süxurların vulkanogen tip süxurlarla əvəz olunması ilə şərtlənən, dəqiq sərhəd aşkar olunur. 7-10 km dərinlik intervalında konsolidə olunmuş kristallik qatın səthi üzrə sərhəd aşkar olunur. 15 km dərinlikdə də iki mühitin ayrılma sərhəddi aşkar olunur. Bu intervalda sürətlərin qiymətləri 5,9-dan 6,4 km/san qədər artır. Əhəmiyyətli hal odur ki, bütün bölünmə sürət sərhədləri vulkanogen qatda süxurların tərkiblərinin əvəz olunması ilə müəyyən olunur. Belə ki, bəzi sərhədlər dərinlikdə maddənin müxtəlif gərginlik vəziyyəti ilə əlaqədardır; burada təkrar metamorfizm prosesləri maddənin fiziki vəziyyətini dəyişə bilər, bu da reoloji laylanma ilə şərtlənir. 20-25 km dərinlikdə yer qabığının bazalt qatının tamamı, 40-45 km dərinlik intervalında isə Moxo sərhəddi aşkar olunur. Beləliklə 0-10 km qədər birinci interval əldə olunan məlumatlara əsasən çökmə örtükdə karnazoy və mezazoy çöküntülərinin sərhəddi ilə əlaqədardır və sürətlərin 2,8-4,5 km/san qiymətləri ilə xarakterizə olunur, İkinci interval (10-25 km) yer qabığının konsolidə olunmuş hissəsinin tavanının (qranit qatı) uyğun gəlir; burada sürətlərin qiymətləri 6-6,5 km/san-dir; üçüncü interval (25-40 km) baza qatına aid olub sürətlərin qiyməti 7,4-7,8 km/san; dördüncü (>40 km) interval Moxo sərhəddinin üst hissəsinə uyğun gəlir (sürətlər 8-8.2 km/san).