



حساب معاملات التجوية المعدنية والكيميائية (Xd, MIA and CIA) واهميتها في دراسة ترب مختارة من شمالي العراق

محمد اسود الجبوري

قسم هندسة النفط والتكرير، كلية هندسة النفط والتعدين، جامعة الموصل، العراق.

الملخص

اجريت هذه الدراسة باستخدام بيانات التحليل المعدني من جهاز حيود الاشعة السينية (XRD) وكذلك باستخدام بيانات التحليل الكيميائي للعناصر الرئيسية المقاسة بجهاز الاشعة السينية الوميضية (XRF) في مناطق مختارة من شمالي العراق. جُمع ثلاثون انموذجا (عشرون انموذج تربة وعشرة نماذج صخور) موزعة على خمس مقاطع (قيارة وحمام العليل وتلكيف ودهوك وزاخو) وبواقع اربعة اعماق ونموذجين صخريين لكل مقطع لحساب معاملات التجوية المعدنية (Xd) ومعامل التغيير المعدني (MIA) فضلا عن معامل التغيير الكيميائي (CIA) بهدف قياس كمية ودرجة التحلل المعدني بالاعتماد على المعادن المتحللة الى المعادن المقاومة في التربة وفي الصخور وكذلك لتقييم قدرة وقابلية هذه التربة كدليل على درجة تطورها وكذلك امكانية تصنيفها بالاعتماد على درجة مقاومتها لعمليات التجوية. اظهرت نتائج معاملات التجوية في هذه المناطق اختلافا في درجة وقدرتها هذه التربة في مقاومتها لعمليات التجوية باختلاف المواقع وطبيعة مواد الاصل، اذ تفوقت نماذج ترب زاخو بدرجة عالية من التجوية على العكس من ذلك نماذج ترب قيارة نظرا لاختلاف الظروف المناخية والطوبوغرافية لهاتين المنطقتين. اما بقية مناطق الدراسة فقد كانت في حالة وسطية من درجة التجوية باعتبار ان هذه المناطق تستلم كميات امطار بحدود 1000 ملم / سنة كما في منطقة زاخو و250 ملم / سنة كما في منطقة قيارة فضلا عن كون طوبوغرافية هذه المناطق تتراوح بين العالية كما في منطقة زاخو والواطة كما في منطقة قيارة.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 26- سبتمبر-2021

تاريخ القبول: 11- يونيو-2022

تاريخ النشر الالكتروني: 30-يونيو-2022

الكلمات المفتاحية

التجوية المعدنية
معامل التغيير المعدني
تطور التربة،
معامل التغيير الكيميائي

المراسلة:

الاسم: محمد اسود الجبوري

muhamed.aswad@uomosul.edu.iq

DOI: 10.33899/earth.2022.174660, ©Authors, 2022, College of Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Calculation of Mineralogical and Chemical Weathering Indices (Xd, MIA and CIA) and their Significance in Soils at Selected Areas in Northern Iraq

Muhamad A. Al-Joboury

Dept. of Refining Engineering, Petroleum and mining Engineering, Mosul University, Iraq

Article information

Received: 26- Sep -2021

Accepted: 11- Jun -2022

Available online: 30- Jun -2022

Keywords:

index of weathering mineral
Mineralogy Index of Alteration
Development Soil
Chemical Index of Alteration

ABSTRACT

This study is conducted using data analysis of minerals gained from X-ray diffraction (XRD) as well as by using the data of chemical analysis of the main elements measured by the X-ray Fluorescence (XRF) at selected areas in northern Iraq Thirty samples (twenty soil and ten rock samples) are collected distributed through five regions (Qayarah, Hamam Alil, Tel kaif, Duhok, and Zakho) with four depths and two rock samples for each section in order to calculate the index of weathering mineral (Xd) and mineralogy index of alteration (MIA) as well as chemical index of alteration (CIA). The aim is to measure the amount of decomposition relative to the resistant minerals in soils and rocks, as well as to assess the amount and capability of these soils as evidence of the degree of development, and then the possibility of classification depending on the degree of resistance to weathering processes. The results show transaction weathering in these areas varying in degree and ability of these soils in resisting weathering processes at different locations and the nature of the original material. The study shows that Zakho soil samples have a high degree of weathering; on the contrary, Qayarah soil samples have a very low degree of weathering due to different topographical and climatic conditions of these two regions. The remaining areas are intermediate in the degree of weathering, considering that these areas have received variable amounts of rain precipitation ranging between 1,000 mm / year as in Zakho and 250 mm / year in Qayarah area. The topography of these areas is different being high in Zakho and low in Qayarah area

Correspondence:

Muhamad A. Al-Joboury

muhamed.aswad@uomosul.edu.iq

DOI: 10.33899/earth.2022.174660, ©Authors, 2022, College of Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

المقدمة

ان حساب معاملات التجوية المعدنية يهدف بالأساس الى تحديد كمي (عددي) لدرجة التحلل المعدني لبعض المعادن (الفلدسبار) نتيجة الافتقار بالمكونات المتحركة نسبة الى المكونات غير المتحركة خلال عمليات التجوية. ويكون تطبيق هذه المعاملات عند درجات قياسية للمواد والرواسب والمحددة بأنظمة معينة للتجوية تتضمن مواظبة بعض العناصر في سلوكها الجيوكيميائي خلال عمليات التجوية وهي نفسها التي تستخدم في حساب معاملات التجوية الكيميائية (معامل التغير الكيميائي CIA) والمتمثلة بأكاسيد العناصر (Ca, K, Na, and Al) والتي تكون مفيدة في تقييم وتحديد اتجاهات تأثير عمليات التجوية على الصخور ورواسبها. كما أن هذه المعاملات (التجوية المعدنية Xd) تعتمد على التغيرات التي تحدث على معدن الفلدسبار الذي يعد أكثر تحللاً وتأثراً بعمليات التحلل خلال عمليات التجوية مقارنة بمعدن الكوارتز الذي يعد أكثر استقراراً من معدن الفلدسبار خلال عمليات التجوية. مقارنة هذين المعدنين وفي كل من الصخور والرواسب يمكننا بالتالي من استخدامهما في تحديد نمط التجوية السائدة، فضلاً عن أن دور معامل التغير المعدني (MIA) والذي يعتمد اساساً على بيانات معامل التغير الكيميائي (CIA) كان له الأثر الكبير في تحديد درجة تحلل المكونات والمواد الأولية للرواسب خلال مراحل التجوية التي تتعرض لها هذه المكونات. وبالتالي تكون هذه المعاملات سهلة الاستخدام نسبياً" إذ تسلك العناصر الكيميائية المختلفة سلوكاً "معقداً" خلال التجوية الكيميائية بسبب تأثر هذه العناصر بإعادة توزيعها على الاطوار المعدنية فضلاً عن تأثير طبيعة نواتج التجوية، وعليه فإن اختبار معاملات التجوية الكيميائية يجب ان يعتمد على سلوك معين لهذه العناصر. ويلاحظ انكشاف تكويني فتحة (M. Miocene) وانجاعة (L. Miocene) في معظم مناطق الدراسة، الا ان تكوين انجاعة هو السائد وان مساحة الجزء المنكشف منه تعد الأكبر مقارنة بالتكوين الأخرى في منطقة الدراسة، لذا اعتمد هذا التكوين كأصل مرجعي للرواسب والترب في منطقة الدراسة.

أجريت العديد من الدراسات حول موضوع التجوية المعدنية والكيميائية للرواسب والصخور لأهميتها في دراسة ومعرفة أصل هذه المكونات وشدة تأثرها بالعوامل المناخية ومن بين هذه الدراسات دراسة (Haskins, 2006) لحساب

معاملات التجوية المعدنية والكيميائية وتطبيقها لمعرفة أصل صخور granite saprolite في مناطق جنوب أفريقيا. كما قام الباحث (Zang, et al., 2007) بدراسة الخصائص الجيوكيميائية لتتابع الترب المتطورة من صخور البازلت في مناطق من جنوب الصين وذلك بدلالة معاملات التجوية المعدنية والكيميائية. تهدف الدراسة الحالية الى التعرف على درجة تأثير مناطق الدراسة الحالية الى عوامل التجوية وشدها في الحالتين المعدنية والكيميائية من خلال حساب معاملات التجوية المعدنية والكيميائية ومقارنة هذه العوامل مع الظروف المناخية لكل منطقة.

موقع منطقة الدراسة

تمتد منطقة الدراسة بين خطي طول ($43^{\circ} 10' 05''$) شرقاً و ($42^{\circ} 45' 55''$) غرباً في منطقة زاخو وخطي عرض ($37^{\circ} 45' 55''$) شمالاً في منطقة زاخو و ($35^{\circ} 40' 33''$) جنوباً في منطقة قيارة (شكل 1).

وتتميز جميع مناطق الدراسة بانها واقعة تحت ظروف مناخية جافة وشبه جافة ولكنها تتفاوت في معدلات الساقط المطري السنوي من القليلة الى المتوسطة اذ تتراوح بين (250 – 300 mm/yr) في منطقة قيارة وهي اقل كمية امطار في منطقة الدراسة، اما معدلات كميات الامطار الساقطة في مناطق الدراسة الاخرى (دهوك وتلكيف وحمام العليل) تكاد تكون متوسطة وهي تتراوح بين (400–800 mm/yr) واخيراً في منطقة زاخو حيث تصل معدلات الساقط المطري الى حوالي (1000 mm/yr) (محطة انواء دائرة ناحية باتيل التابعة لقضاء سميل، دهوك).



الشكل 1. خارطة العراق موضحاً عليها مواقع مناطق الدراسة

مواد وطرائق العمل

يتناول العمل المختبري بعد جمع النماذج من مواقع مناطق الدراسة المذكورة انفاً وخلال الفترة المحصورة بين 2012/4/10 و 2012/5/1، أخذها الى المختبر لغرض تهيئتها وتحضيرها للفحوصات والتحليلات المخبرية المختلفة، اذ جفت عينات التربة والصخور هوائياً وتم تفكيكها بواسطة مطرقة خشبية ثم نخلت بمنخل اقطار فتحاته (2 mm) وحفظت النماذج في علب بلاستيكية بعد ترقيمها لغرض اجراء التحليلات المخبرية عليها.

اخذ قسم من النماذج وتم سحقها الى مسحوق ناعم ($\mu m 75 \leq$) بواسطة المطحنة (Mill Tima Swing) في الورشة الفنية في قسم الجيولوجي / كلية الهندسة جامعة انقرة، لتكون ملائمة في استخدامها في التحاليل الكيميائية المختلفة وكذلك التحليل باستخدام جهاز حيود الاشعة السينية (XRD). اما القسم الذي استعمل لتحضير الاقراص (Pellets) اللازمة لتحليل العناصر الرئيسية والثانوية والاثريّة بجهاز الاشعة السينية الوميضية (XRF) فقد تم طحنها الى مسحوق ناعم ذي حجم اقل من ($75 \mu m$) بواسطة هاون خزفي (mortar).

التحليل المعدني باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية (XRD)

لغرض التعرف على التركيب المعدني وتشخيص المعادن السائدة (النماذج الكلية Bulk Sample) في عينات نماذج الدراسة الحالية، فقد تم اجراء التحليل المعدني للنماذج قيد الدراسة. اذ تم التعرف على المعادن الرئيسية في النماذج الكلية (Bulk Samples) وذلك باستخدام جهاز حيود الاشعة السينية من نوع (X-Ray Diffraction XPert Pro Pan analytical) الموجود في مختبرات قسم الجيولوجي / كلية العلوم / جامعة السليمانية، وقد استخدم لهذا الغرض حامل من

الألمنيوم (Aluminum Holder)، إذ تم كبس العينة بصورة جيدة باستخدام شريحة زجاجية لجعل سطح العينة املسا ومن ثم فحصها بجهاز الأشعة السينية بين الزاوية 2θ ($0 - 60^\circ$).

ولشخيص المعادن الطينية من منحنيات الأشعة السينية (XRD)، فقد تم اعتماد الطريقة الموصوفة من قبل (Brindley and Brown, 1980) من خلال حساب قيم المسافة بين الشبكات البلورية (d - spacing) للمعادن بعد تحديد زاوية الحيود الخاصة بها (Brown, 1961) كما في الأشكال (2 الى 11).

تم حساب الوفرة النسبية بشكل نسبية مئوية لهذه المعادن (المعادن الرئيسية) بالطريقة شبه الكمية (Semi Quantitative) (Al-Jubouri, 2011) كما موضح في الجدول (1) وهي ناتجة من حاصل قسمة ارتفاع الذروة بمائة على مجموع ارتفاعات جميع الذروات المعتمدة للمعادن (Al-Jubouri, 2011)، وتبين من خلال نتائج الحساب للوفرة النسبية للمعادن الرئيسية سيادة معدن الكوارتز بمعدل (39.30 %) في جميع مقاطع الدراسة وخصوصاً في الافاق السطحية ويأتي معدن الكالسيت في المرتبة الثانية وبمعدل (30.06 %) من حيث الوفرة وتزداد نسبته في الافاق تحت السطحية مع انخفاض نسبة معدن الكوارتز في جميع مقاطع الدراسة وقد يعود السبب الى عملية الغسل النسبي لهذا الترب كونها تقع ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، وجاء هذا متوافقاً مع ذكره (Al-Jubouri, 2011) و (Paquet and Clauer, 1997) في دراستهم لتوزيع الترسيبات الكلسية في افاق ترب مناطق البحر المتوسط والمناطق الجافة إذ تكون الافاق السطحية ذات محتوى اقل من الكالسيت وتزداد في الافاق تحت السطحية. وتأتي بعد ذلك معادن الفلدسبار بالمرتبة الثالثة (بمعدل 12.51%) من حيث الوفرة. اما نسب المعادن الاخرى (الدولومايت والجبسوم) فقد وجدت بنسب اقل بمعدل (2.89 و 3.14%) على التوالي، ولم تكن هناك فروقات مهمة لهذه المعادن بين الافاق السطحية والافاق تحت السطحية باستثناء معدن الجبسوم الذي يظهر في مقدرات مقطع قيارة فقط وبشكل واضح، إذ لوحظ زيادة نسبته في الافاق السطحية وقد يعزى ذلك الى قلة عمليات الغسل في مقطع قيارة (كمية الامطار محدودة) في هذه الافاق.

الجدول 1. معدلات المحتوى النسبي وشبه الكمي للمعادن الرئيسية (غير الطينية) لنماذج صخور وترب الدراسة

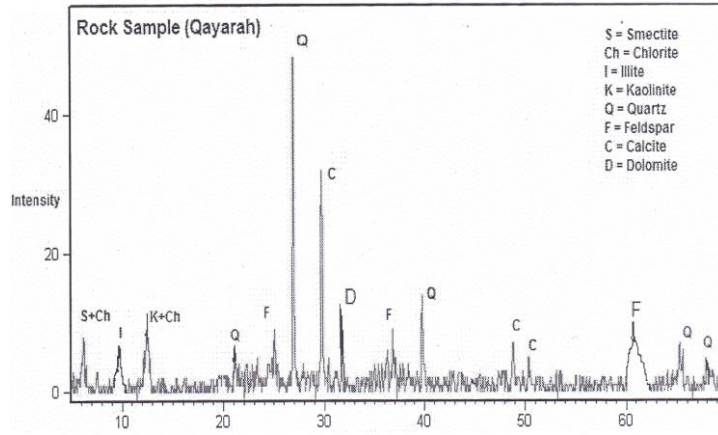
Sample No.	Quartz	Calcite	Feldspar	Gypsum	Dolomite	Others
QS1	43.70	25.14	12.50	3.60	3.75	11.25
QS3	38.11	30.90	11.55	3.90	2.80	12.71
Qr*	35.84	32.63	15.15	3.15	2.70	11.53
HS1	40.60	29.50	12.20	3.55	1.75	12.40
HS3	36.75	36.43	11.42	1.52	1.20	12.73
Hr*	38.16	30.62	17.66	-----	-----	13.55
TS1	43.20	31.72	11.12	-----	-----	14.12
TS3	38.60	32.80	10.50	-----	-----	18.18
Tr*	40.80	28.77	16.60	-----	-----	15.84
DS1	38.60	32.34	09.50	-----	-----	19.33
DS3	37.50	33.78	09.36	-----	-----	20.56
Dr*	39.25	26.75	15.43	-----	-----	19.12
ZS1	44.80	22.56	08.50	-----	1.20	22.68
ZS3	34.54	30.45	07.14	-----	6.55	21.27
Zr*	39.66	26.78	17.82	-----	3.85	14.05
Av.	39.69	30.06	12.51	3.14	2.89	16.04

r* = Rock Samples (Average of two samples)

S = Soil Samples

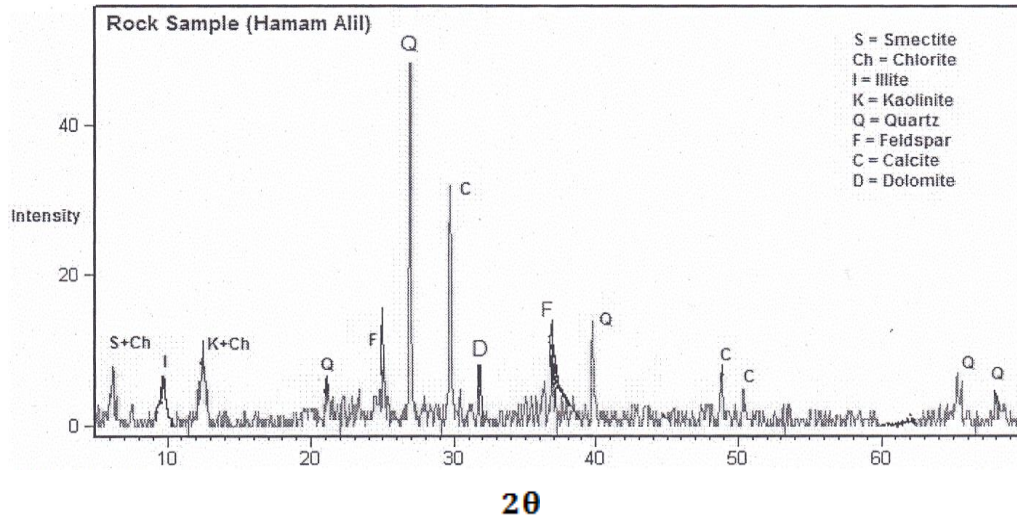
Q = Qayah, T = Tel kaif, H = Hamam Alil, D = Dohuk, Z = Zakho

Others = Clay Minerals / Heavy Miners

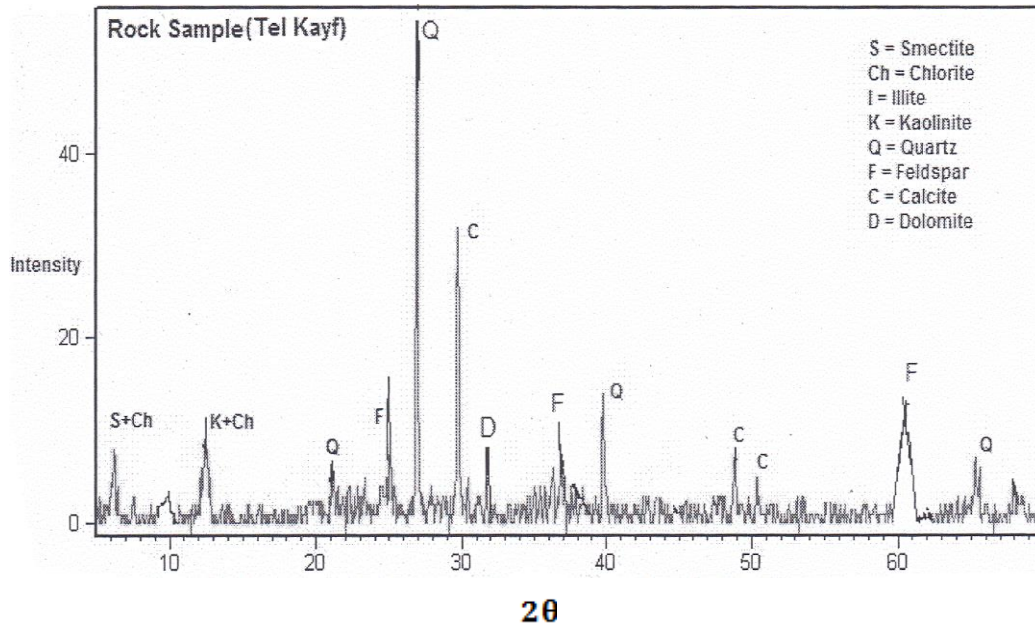


20

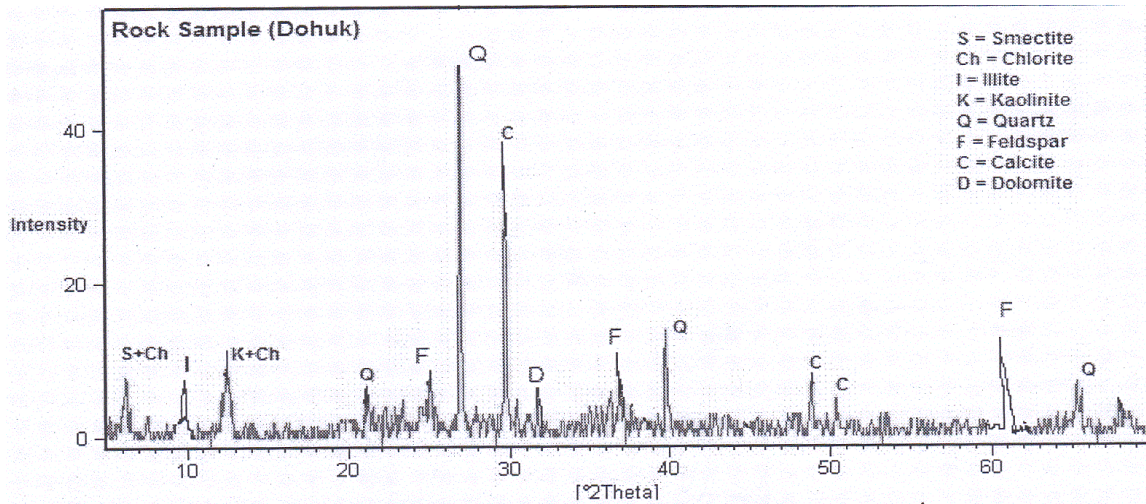
الشكل 2. مخطط حيود الأشعة السينية للمعادن الرئيسية في الامنودج الكلي لعينة الصخور في مقطع قيارة (Qr)



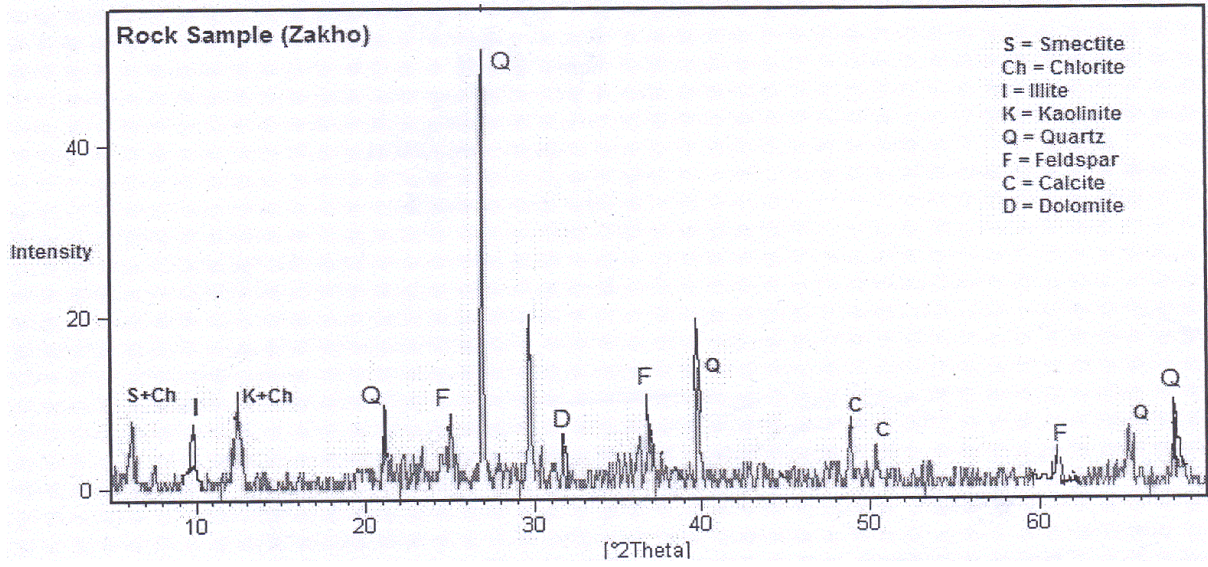
الشكل 3. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة الصخور في مقطع حمام العليل (Hr)



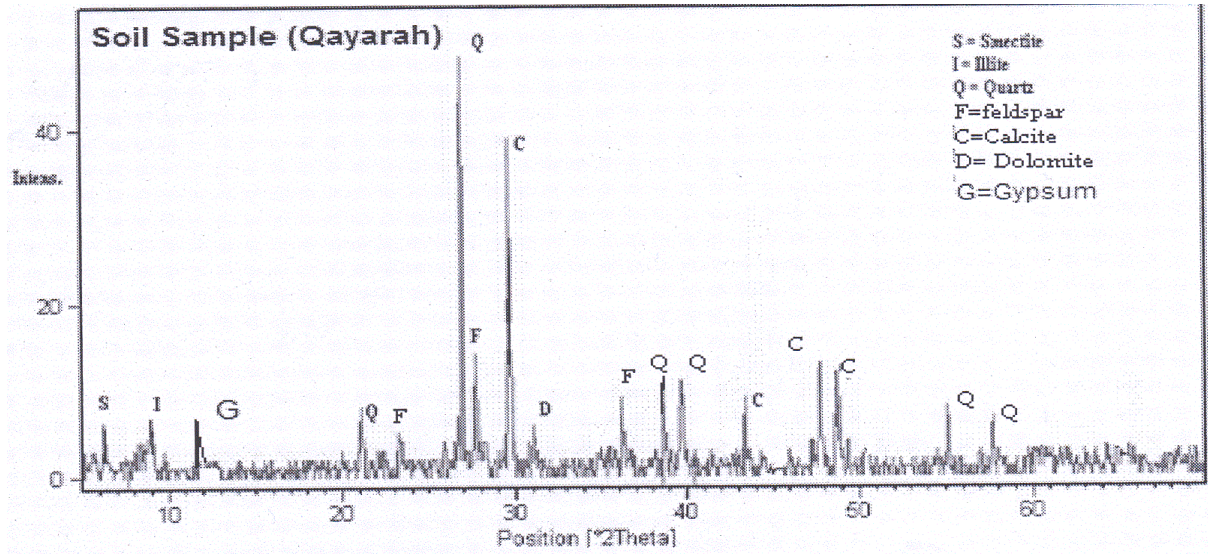
الشكل 4. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة الصخور في مقطع تليف (Tr)



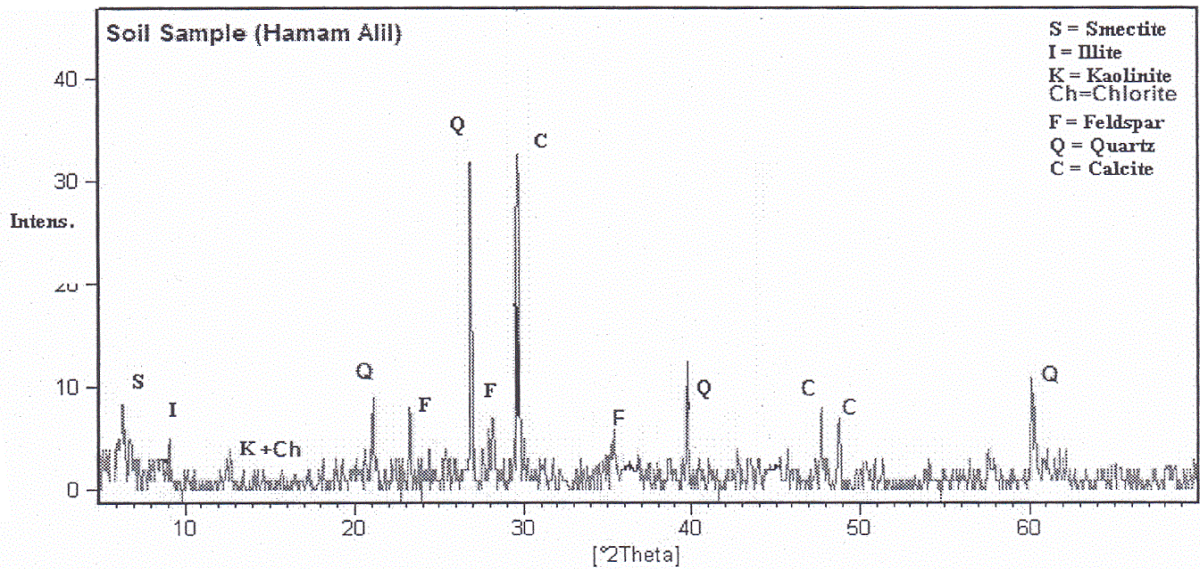
الشكل 5. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة الصخور في مقطع دهوك (Dr).



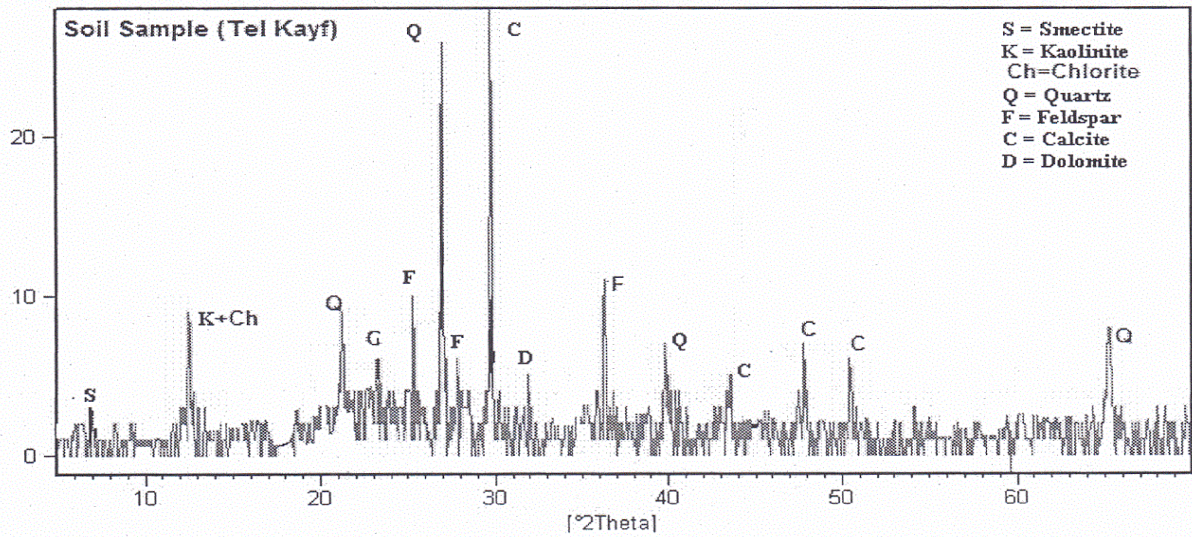
الشكل 6. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة الصخور في مقطع زاخو (Zr).



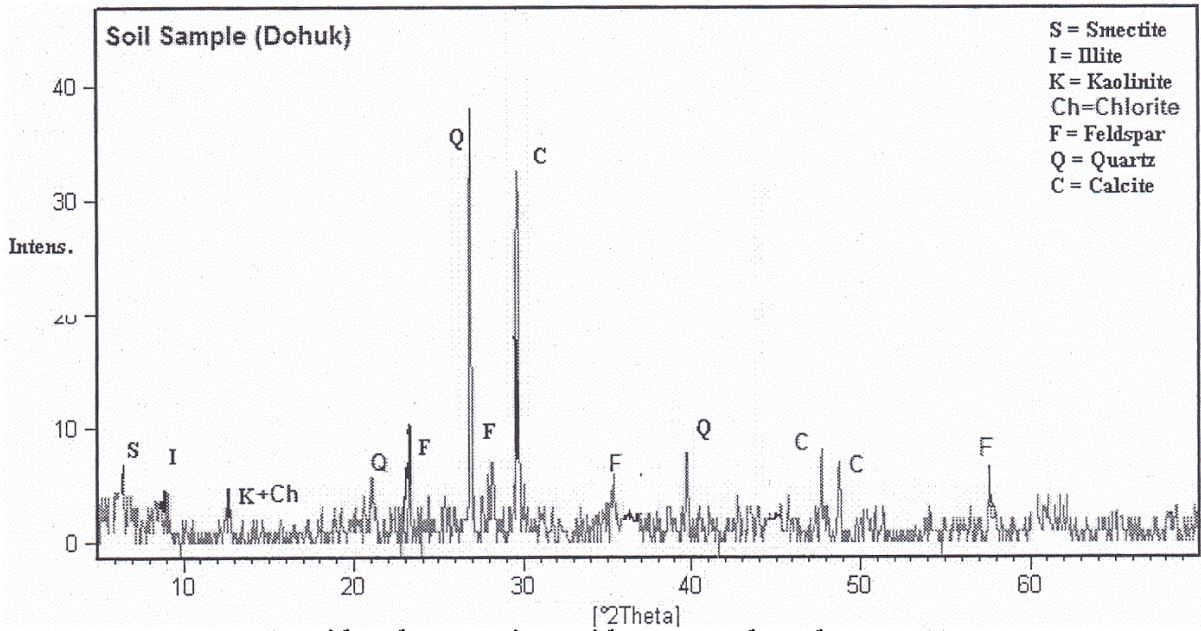
الشكل 7. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة التربة في مقطع قيارة (QS).



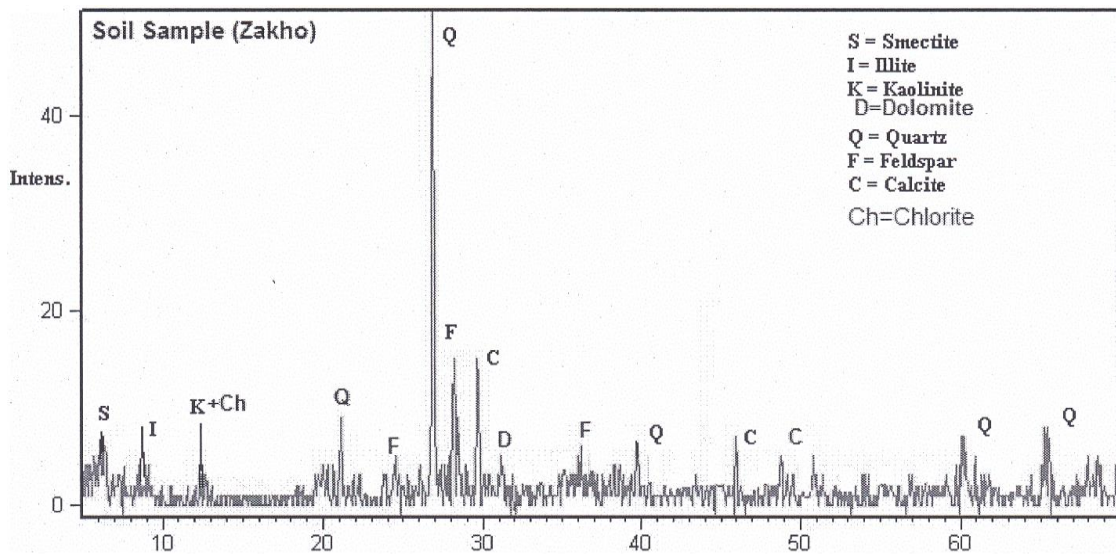
الشكل 8. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة التربة في مقطع حمام العليل (HS).



الشكل 9. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة التربة في مقطع تكليف (TS).



الشكل 10. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة التربة في مقطع دهوك (DS).



الشكل 11. مخطط حيود الاشعة السينية للمعادن الرئيسية في الانموذج الكلي لعينة التربة في مقطع زاخو (ZS).

التحليل الكيميائي باستخدام تقنية جهاز الاشعة السينية الوميضية (XRF)

تم تحليل العناصر الرئيسية والثانوية والاثريّة (وبضمنها بعض العناصر الارضية النادرة REE) لنماذج الدراسة الحالية (تربة وصخور) (الجدول 2) وباستخدام جهاز الاشعة السينية الوميضية (XRF) من نوع (Spectro X-LAB) (2000) الموجود في مختبرات قسم الجيولوجي في كلية الهندسة / جامعة انقرة / تركيا.

وقد اعتمدت نتائج التحليل الكيميائي للعناصر الرئيسية والاثريّة في نماذج التربة والصخور قيد الدراسة (الجدول 2) والبالغ عددها 20 انموذجاً. وتم حساب معاملات التجوية (Weathering Indices) لعينات التربة في مقاطع الدراسة وكما مبين بالجدول (3).

الجدول 2. بيانات التحاليل الكيميائية (العناصر الرئيسية wt%) لنماذج الدراسة (تربة وصخور)

Sa.	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	MnO	P2O5	TiO2	L.O.I	Total
Qr*	33.6	9.66	4.34	21.0	3.3	3.70	1.3	0.2	0.2	0.5	22.2	100.1
QS1	37.5	9.98	5.32	17.8	4.1	3.20	1.5	0.1	0.1	0.7	18.8	99.41
QS2	34.2	10.5	5.28	18.4	3.5	3.25	1.2	0.1	0.1	0.6	22.1	99.48
QS3	35.4	10.3	5.28	18.7	3.3	3.45	1.1	0.07	0.04	0.5	22.3	100.5
QS4	34.3	10.5	4.97	18.3	3.7	3.38	1.1	0.09	0.11	0.52	22.5	99.45
Hr*	37.1	9.74	5.71	19.9	4.4	3.50	1.5	0.09	0.14	0.61	17.8	100.8
HS1	37.2	9.88	4.84	16.5	5.1	2.95	1.3	0.10	0.32	0.67	21.7	100.6
HS2	34.0	10.6	5.53	17.6	5.1	3.05	1.2	0.09	0.2	0.6	22.5	100.6
HS3	35.2	10.1	4.92	17.7	5.1	3.09	1.2	0.09	0.2	0.2	22.2	100.6
HS4	35.7	9.83	4.72	16.8	5.1	3.07	1.3	0.09	0.3	0.60	21.7	99.37
Tr*	36.9	9.45	5.12	16.2	6.7	2.54	1.5	0.12	0.1	0.7	19.8	99.12
TS1	39.4	9.33	6.70	14.9	4.9	2.55	1.5	0.11	0.1	0.7	20.1	100.4
TS2	36.6	10.1	6.67	15.4	4.7	2.45	1.4	0.11	0.1	0.71	21.1	99.57
TS3	37.8	9.66	5.84	15.3	4.8	2.54	1.4	0.1	0.1	0.6	21.2	99.41
TS4	39.7	8.50	6.16	14.2	4.4	2.71	1.6	0.1	0.1	0.6	20.7	99.09
Dr*	37.6	8.95	5.97	16.8	5.4	3.32	1.9	0.11	0.13	0.66	19.5	100.4
DS1	38.4	9.63	7.39	15.4	3.4	2.75	1.8	0.13	0.17	0.78	19.2	99.13
DS2	40.5	9.54	6.82	14.6	3.7	2.88	1.6	0.11	0.13	0.73	19.5	100.2
DS3	40.2	9.80	6.25	14.3	3.4	2.80	1.6	0.11	0.13	0.72	19.8	99.16
DS4	39.8	9.75	6.36	15.3	3.4	2.92	1.5	0.12	0.12	0.70	19.2	99.16
Zr*	27.2	5.55	5.94	22.6	6.9	3.76	1.9	0.16	0.09	0.8	24.7	99.82
ZS1	47.9	10.7	8.73	9.79	3.6	2.11	1.1	0.11	0.12	0.98	14.1	100.3
ZS2	45.2	11.9	8.98	10.2	3.8	2.35	1.9	0.07	0.09	0.96	15.1	100.7
ZS3	44.1	11.1	8.58	11.4	3.1	2.56	1.8	0.08	0.11	0.89	16.3	100.3
ZS4	44.3	11.2	8.34	11.2	3.1	2.68	1.8	0.08	0.07	0.83	16.0	99.72

r* = Rock Samples (Average Two Samples)

S = Soil Samples

Q = Qayah, T = Tel kaif, H = Hamam Alil, D = Duhok, Z = Zakho

معاملات التجوية المعدنية والكيميائية

ان دور معاملات التجوية المعدنية والكيميائية اساسي ومهم في تحديد كمية درجة افتقار المكونات القابلة للحركة نسبة للمكونات غير المتحركة خلال عمليات التجوية، ويمكن تطبيق هذه المعاملات على مواد الصخور والرواسب بالنسبة للعناصر والمكونات التي يكون لها سلوك جيوكيميائي ثابت في محاولة لربط وايجاد العلاقة بين الصخور والرواسب وحالة التجوية وشدها (Haskins, 2006).

معامل التجوية المعدنية (Xd)

بطريقة مشابهة كما في حالة معاملات التجوية الكيميائية، فان معاملات التجوية المعدنية تتطلب تطبيق معادن معينة لتقييم درجة تجوية الصخور والرواسب مثل معادن المايكا والفلدسبار والكوارتز. اذ يخضع معدن الفلدسبار الى تغييرات مهمة خلال عمليات التجوية مقارنة بمعدن الكوارتز الذي يعد أكثر مقاومة نسبياً ومن خلال قيم هذين المعدنين يمكننا تحديد سلوك ودرجة التجوية السائدة (Haskins, 2006).

اقترح (Lumb, 1962) مقياساً كيميائياً يمثل درجة التحلل المعدني أطلق عليه (Xd)، ويعبر عنه بالمعادلة

الاتية:

$$X_d_{XRD} = (N_q - N_{q0}) / (1 - N_{q0}) \text{ -----(1)}$$

$$N_q_{XRD} = \{ (\% \text{ Quartz}) / (\% \text{ Quartz} + \% \text{ Feldspar}) \} \text{ in the Soil -----(2)}$$

$$N_{q0}_{XRD} = \{ (\% \text{ Quartz}) / (\% \text{ Quartz} + \% \text{ Feldspar}) \} \text{ in the Rock -----(3)}$$

ونتيجة لذلك فقد قدم (Bayanes and Dearman, 1978) قيما لمعامل التجوية المعدنية (Xd) تكون محصورة بين (0 - 1)، فعندما تكون قيمة (Xd = 1)، فإن عملية التجوية والغسيل تكون عالية وقيمة الفلدسبار تكون منخفضة وقريبة من الصفر، وبذلك فإن التربة قد تكونت في حالة متقدمة من التجوية. أما في حالة قيم (Xd ≥ 0.5)، فإن عملية التجوية والغسيل تكون متوسطة وقيمة الفلدسبار تكون متوسطة وان نسبة تجوية حبيبات المعادن في الفلدسبار هي (50 %) وبذلك تكون التربة قد تكونت في حالة متوسطة من التجوية. وأخيرا" عندما تكون قيم (Xd ≤ 0.5)، فإن عملية التجوية والغسيل تكون منخفضة وتحلل الفلدسبار تكون قليلة بسبب قلة العوامل والظروف التي تساعد على تنشيط عمليات التجوية وبذلك فإن التربة قد تكونت في حالة متوسطة نسبيا" من التجوية ويكون هذا النوع من الترب المتكون غير ناضج.

معامل التغيرات المعدني (Mineralogy Index of Alteration MIA):

يعبر هذا العامل عن درجة تحلل المكونات والمواد الأولية للتربة خلال مراحل التجوية التي تتعرض لها هذه المكونات، وقد تم حساب قيمة معامل التغيرات المعدني (MIA) لنماذج الترب قيد الدراسة من خلال المعادلة التالية حسب (Pierre et al., 2007):

$$MIA = 2 * (CIA - 50) \text{ -----(5)}$$

وقد اعطى المصدر نفسه قيما" لاختبار درجة تحلل الصخور والمواد خلال عمليات التجوية وهي كالاتي:

MIA = 0 - 20 % التجوية ضعيفة

MIA = 20 - 40 % التجوية متوسطة

MIA = 40 - 60 % التجوية شديدة

MIA = 60 - 100 % عالية التجوية ومنطرفة

المعامل الكيماوي للتغيرات (Chemical Index of Alteration CIA)

يعبر عن المعامل الكيماوي للتغيرات (CIA) عن الفقدان النسبي (Losses) لعناصر البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم (Ca, Na and K) والاعناء النسبي (Enrichment) لعنصر الألمنيوم (Al) خلال المراحل المختلفة لعمليات التجوية للصخور والمواد الأولية المكونة للترب. ويعبر عن المعامل الكيماوي للتغيرات (CIA) بالمعادلة الآتية حسب (Nesbitt and Young, 1982):

$$CIA = \text{mole Al}_2\text{O}_3 / \text{moles (Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_3) * 100 \text{ -----(4)}$$

علما" ان قيمة (CaO) في المعادلة قد تم تصحيحها بطرح قيمة ما يكافئها من (CO₂) وبالتالي تصبح قيمة اوكسيد الكالسيوم (CaO) خالية من الكربونات.

النتائج والمناقشة

وفيما يلي مناقشة هذه المعاملات:

1- معامل التجوية المعدنية (Xd):

استنادا" لنتائج المعادلة (1) اعلاه والجدول (3)، يلاحظ ان قيم (Xd) العالية كانت في نماذج ترب زاخو بمدى يتراوح بين (0.448 - 0.512) وبمعدل (0.480)، في حين انخفضت هذه القيم تقريبا" وبشكل تدريجي باتجاه نماذج ترب دهوك وتلكيف وحمام العليل ووصلت الى أدنى قيمة في ترب قيارة وبمدى يتراوح بين (0.237 - 0.24) وبمعدل (0.25) مما يدل على ان عملية التجوية والغسيل تكون عالية والفقدان النسبي لمكونات معدن الفلدسبار والتي تمتلك حركة سريعة خلال المراحل المبكرة للتجوية الجيوكيماوية وكذلك خلال عمليات تكوين التربة.

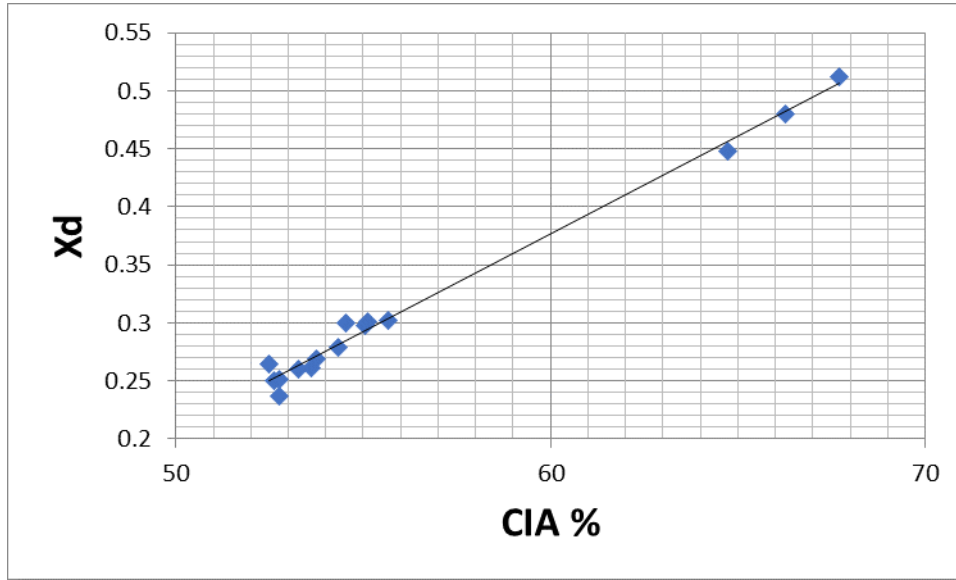
وبشكل عام، كانت جميع قيم معامل التجوية المعدني (Xd) لنماذج ترب الدراسة وبضمنها نماذج ترب قيارة منخفضة وهذا يعني ان قيم (Xd ≤ 0.5)، لذلك فإن عملية التجوية والغسيل تكون منخفضة وان تحلل معادن الفلدسبار تكون منخفضة ايضا" بسبب قلة العوامل والظروف التي تساعد على تنشيط عمليات التجوية، وبذلك فإن التربة قد تكونت في حالة ضعيفة الى متوسطة من التجوية ويكون هذا النوع من الترب المتكونة غير ناضج، في حين كانت قيم (Xd ≥ 0.5) لنماذج ترب زاخو، ولذلك فإن عملية التجوية والغسيل تكون متوسطة وكذلك تكون قيمة تحلل الفلدسبار متوسطة وان نسبة تجوية حبيبات المعادن في الفلدسبار هي (50%) وبذلك فإن التربة في هذه الحالة قد تكونت في حالة متوسطة من التجوية. وتبدو نتائج معامل التجوية المعدني (Xd) في نماذج ترب الدراسة الحالية متوافقا" مع ما ذكره (Haskins, 2006)، الى ان ارتفاع هذه القيمة يشير الى الاغثناء النسبي لمعدن الكوارتز والفقدان النسبي لمعدن الفلدسبار خلال المراحل الأولية لعمليات التجوية وعمليات تكوين التربة. لذا فإن قيم (Xd) العالية نسبيا" في منطقة زاخو ربما دلت على تأثير عمليات التجوية الكيماوية المتمثلة بعمليات التحلل المائي والاكسدة والتأين والإماهة على نماذج هذه الترب مما سبب تحللا" جزئيا" في معدن الفلدسبار واعناء" نسبيا" لمعدن الكوارتز وكما معروف ان منطقة زاخو تمتاز بارتفاع نسبي في معدلات الساقط المطري السنوي بحدود (1000 mm/yr) والذي يكون له دور مهم في عمليات التجوية الكيماوية.

الجدول 3. معاملات التجوية المعدنية (Xd) والتغاير الكيميائي (CIA) والتغاير المعدني (MIA) لعينات التربة في الدراسة الحالية

Sample	Xd	CIA	MIA
QS1	0.264	52.48	4.96
QS3	0.237	52.75	5.50
Av.	0.250	52.61	5.22
HS1	0.269	53.075	7.50
HS3	0.251	52.76	5.52
Av.	0.260	53.26	6.52
TS1	0.298	55.06	10.12
TS3	0.261	53.63	7.26
Av.	0.279	54.35	8.70
DS1	0.300	54.55	9.10
DS3	0.302	55.65	11.30
Av.	0.301	55.12	10.20
ZS1	0.512	67.71	35.42
ZS3	0.448	64.74	29.48
Av.	0.480	66.27	32.54

S = Soil Samples

Q = Qayah, T = Tel kaif, H = Hamam Alil, D = Dohuk, Z = Zakho



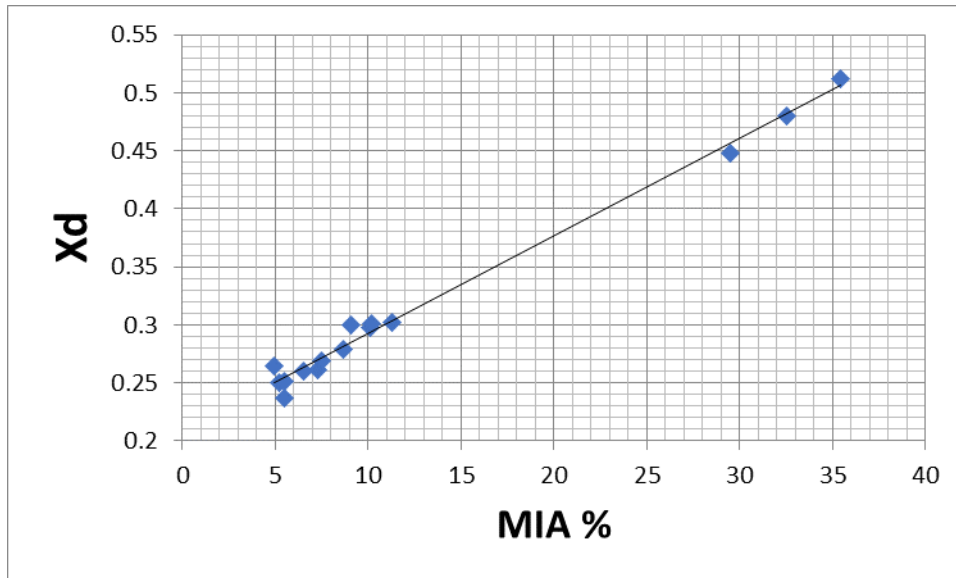
الشكل 12. العلاقة الطردية بين المعامل الكيميائي للتغاير (CIA) ومعامل التجوية المعدني (Xd)

2- المعامل الكيميائي للتغاير (CIA) Chemical Index of Alteration

استناداً الى نتائج المعادلة (4) في اعلاه تكون قيم (CIA) العالية دلالة على فقدان النسبي لتلك العناصر والتي تمتلك حركة سريعة خلال المراحل المبكرة للتجوية الجيوكيميائية وكذلك خلال عمليات تكوين التربة. ويلاحظ من الجدول (3) ان قيم (CIA) العالية كانت في نماذج تربة زاخو بمدى يتراوح بين (64.74 – 67.74 %) وبمعدل (66.27 %)، في حين انخفضت هذه القيم تقريباً وبشكل تدريجي باتجاه نماذج تربة دوهوك وتلكيف وحمم العليل وصولاً الى أدنى قيمة لها في نماذج تربة قياره ومدى يتراوح بين (52.48 – 52.75 %) وبمعدل (52.61 %).

وبشكل عام، كانت جميع قيم المعامل الكيميائي للتغاير (CIA) لنماذج تربة الدراسة الاخرى وبضمنها نماذج تربة قياره متقاربة وهي بحدود (52.61 %) وتعد هذه القيمة منخفضة نسبياً. وتبدو نتائج المعامل الكيميائي للتغاير (CIA) في نماذج تربة الدراسة الحالية متوافقة مع ما ذكره (Zhang et al., 2007) الى ان ارتفاع هذه القيمة يشير الى الاغتناء النسبي للالمنيوم والفقدان الكبير في العناصر (Ca, Na, Mg and K) خلال المراحل الاولية لعمليات التجوية وعمليات تكوين التربة. وأشار (Zhang et al., 2007) ايضاً الى ان هذا الفقدان الكبير لتلك العناصر يحدث بشكل سريع خلال عملية تكوين التربة في البيئات الاستوائية الرطبة التي تستلم كميات عالية من الساقط المطري، وكما يعد هذا العامل مهماً وأكثر ملاءمة في التعبير عن المراحل الاولية لتجوية الصخور من دراسة الترب المتطورة. لذا فان قيم (CIA) العالية نسبياً في منطقة زاخو ربما دللت على تأثير عمليات التجوية الكيميائية المتمثلة بعمليات التحلل المائي والاكسدة والتأين والاماهة على نماذج هذه الترب مما سبب فقداناً لهذه العناصر (Ca, Na, Mg and K) واغناءً نسبياً لعنصر الالمنيوم وكما معروف ان منطقة زاخو تمتاز بارتفاع نسبي في معدلات الساقط المطري السنوي بحدود (1000 mm/yr) على

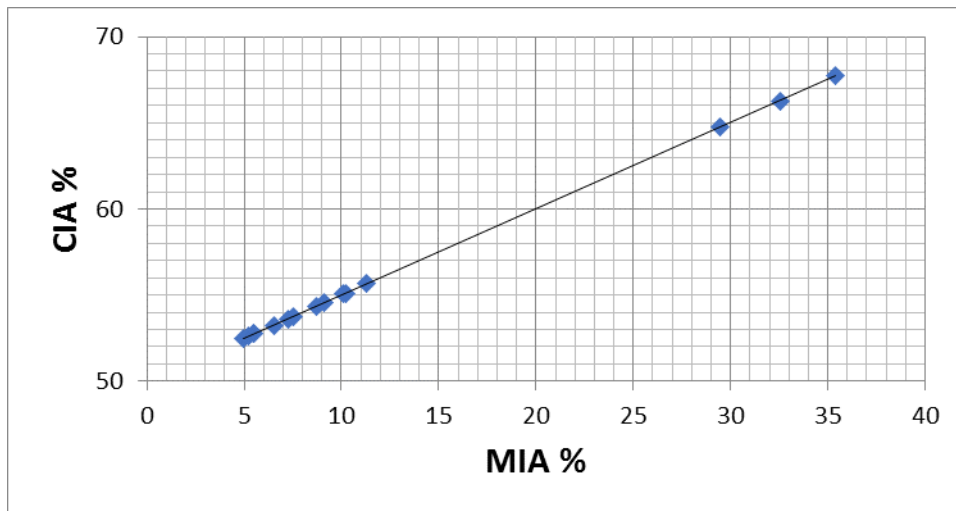
خلاف بقية المناطق الاخرى. ويعد هذا العامل الاخير مهما" ايضا" في تفسير زيادة درجة الغسل التي تؤثر على تلك الترب.



الشكل 13. العلاقة الطردية بين المعامل التغير المعدني (MIA) ومعامل التجوية المعدني (Xd).

3- معامل التغير المعدني (Mineralogy Index of Alteration, MIA)

يلاحظ من الجدول (3) ان اغلب قيم (MIA) في نماذج ترب الدراسة منخفضة (> 20 %) وهي تشير الى حالة التجوية الضعيفة باستثناء نماذج ترب زاخو التي ارتفعت فيها قيم (MIA) ووصلت الى اعلى قيمة (35.42%) أي ان حالة التجوية فيها تراوحت من الضعيفة الى متوسط الشدة. بينما وصلت اقل قيمة (MIA) في نماذج ترب قيارة (4.96%) وتلتها في ذلك نماذج تلكيف وحمام العليل (6.52 and 8.70 %) على التوالي بينما كانت نتائج ترب دهوك مرتفعة قليلا (10.20 %) قريبة الى نتائج ترب زاخو وذلك لتقارب الظروف المناخية بين المنطقتين. وبما ان قيم (MIA) ترتبط بعلاقة طردية مع (CIA) فقد اشير سابقا الى اسباب زيادة وانخفاض قيم (CIA) في نماذج ترب الدراسة وهي متعلقة بالظروف المناخية والطوبوغرافية وتأثير هذه الظروف على عملية التجوية الكيماوية البيوجينية (عمليات الاضافة والغسل).



الشكل 14. العلاقة الطردية بين المعامل الكيماوي للتغيرات (CIA) ومعامل التغير المعدني (MIA)

الاستنتاجات

يمكن اجمال اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها في الدراسة الحالية بما يأتي:
 - اظهرت بيانات التحاليل المعدنية ان هناك اغناء" نسبيا" بالمعادن الملحية (الكالسايت وبنسبة اقل الدولومايت والجبسوم) فضلا" عن بعض من انواع المعادن الطينية في مقاطع ترب قيارة وحمام العليل، بينما اغتنت تربة مقطع زاخو بالمكونات المنقولة (الكوارتز والفلدسبار والاطيان) ومن بين هذه الاطيان معدن الكاولينايت، بينما يلاحظ وفرة معادن الكلورايت والسمكتايت في ترب مقطع قيارة وحمام العليل. وان وفرة هذه

المعادن الاخيرة في افاق هذه التربة تدل على محدودية عمليات التجوية وانخفاض درجة تطور هذه التربة وعلى العكس من ذلك الاغثناء لمعدن الكاولينايت في تربة زاخو الذي يشير الى زيادة عمليات التجوية وارتفاع درجات تطورها.

- دلت نتائج قيم معامل التجوية المعدنية (Xd) العالية نسبياً في منطقة زاخو على تأثير عمليات التجوية الكيميائية المتمثلة بعمليات التحلل المائي والاكسدة والتأين والاماهة على نماذج هذه التربة مما سبب تحللاً جزئياً في معدن الفلدسبار واغناء " نسبياً" لمعدن الكوارتز وعلى العكس منها في منطقة قيارة.

- اشارت بيانات معامل التغير المعدني (Mineralogy Index of Alteration, MIA) الى ان اغلب قيم (MIA) في نماذج تربة الدراسة منخفضة (> 20 %) وهي تشير الى حالة التجوية الضعيفة باستثناء نماذج تربة زاخو التي كانت مرتفعة أي ان حالة التجوية فيها تراوحت من الضعيفة الى متوسط الشدة. بينما وصلت اقل قيمة لـ (MIA) في نماذج تربة قيارة وحمام العليل، وهي متعلقة بالظروف المناخية والطوبوغرافية وتأثير هذه الظروف على عملية التجوية الكيميائية البيوجينية (عمليات الاضافة والغسل).

- اظهرت بيانات التحاليل الجيوكيميائية ان هناك اغناءً نسبياً بالاكاسيد الرئيسية والعناصر الاثرية الداخلة في تركيب الاطوار الفتاتية في تربة مقطعي زاخو ودهوك، بينما اغتنت تربة مقطعي قيارة وحمام العليل بالاكاسيد الرئيسية والعناصر الاثرية الداخلة في تركيب الطور الملحي وهذا بدوره يعكس التفاوت في مستويات التجوية في تربة الدراسة.

- اشارت نتائج قيم المعامل الكيميائي للتغاير (Chemical Index of Alteration, CIA) الى فقدان للمكونات (Ca, Na, Mg and K) والاغثناء النسبي بالعنصرين (Al and Si) في تربة مقطعي زاخو ودهوك، والى الاغثناء النسبي للمكونات (Ca, Na, Mg and K) وانخفاض نسب العنصرين (Al and Si) في تربة مقطعي قيارة وحمام العليل.

المصادر

- Al-Jubouri, M.A.J., 2011. The importance of some geochemical and pedogenic factors affecting the formation and development of soils in selected regions of northern Iraq, unpublished PhD thesis, University of Mosul, College of Science, 252 P.
- Brindly, G.W., and Brown, G., 1980. Crystal structure of clay minerals and their X-Ray identification. Min Soc. No.5, London, 495 P.
- Brown, G., 1961. X-Ray identification and clay minerals. Min. Soc. (Clay Min group), London, 544 P.
- Haskins, D., 2006. Chemical and mineralogical weathering indices as applied to a granite saprolite in South Africa. IAEG2006 paper number 465.
- Lumb, P., 1962. The properties of decomposed granite. Geotechnique, 12, pp. 226-243.
- Nesbitt, Y.W., and Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites: Nature, Vol. 299, pp. 715-717.
- Paquet, H., and Clauer, N., 1997. Soils and Sediments, Mineralogy and Geochemistry, Springer-Verlag Berlin, 369 P.
- Pierre, N.J., Alexandre, G.A., Richard, K., and Emmanuel, E.G., 2007. Mineralogy, Geochemistry and Provenance of Kaolins from the paleolake of ngaoundere (Cameroon, Central Africa, J. of eng. And applied sciences, Vol. 2, pp. 1365-1376.
- Zhang, G.L., Pan, J.H., Huang, C.M., and Gong, Z.T., 2007. Geochemical features of a soil chronosequence developed on basalt in Hainan Island, China, Revista Mexicana de Ciencias Geologicas, Vol. 24, num. 2, pp. 261-269.