

بررسی عوامل موثر در ارزش حرارتی سوخت‌های گازی

محسن فرازمند* - الهام کریمی زند - کامران ترکستانی - محمد تیموری - ابوالقاسم پارسایی

پژوهشگاه صنعت نفت - پژوهشکده پالایش نفت

*

خلاصه:

ارزش حرارتی بیانگر مقدار انرژی است که از سوختن مقدار مشخصی از سوخت ایجاد می‌شود و یکی از عوامل تعیین کننده قیمت گاز می باشد. مقدار ارزش حرارتی بستگی به عواملی نظیر نوع ترکیبات و درصد آنها در گاز، دانسیته، جرم مولکولی، فشار و دمای گاز دارد در این سمینار با بررسی نتایج آزمایش‌های مربوط به ۲۹ نمونه گازی که از قسمت‌های مختلف صنعت نفت اعم از پالایشگاه‌ها و چاه‌های گازی گرفته شده‌اند، به تاثیر هر یک از عوامل پرداخته شده است. با توجه به بررسی‌های بعمل آمده مشخص شده است که هر چه ترکیبات سنگین‌تر به گاز اضافه شود باعث افزایش ارزش حرارتی گاز می‌شود و همچنین از طریق کاهش دما و یا افزایش فشار نیز دانسیته گاز افزایش یافته و ارزش حرارتی آن افزایش می‌یابد.

مقدمه:

ارزش حرارتی بیانگر مقدار انرژی است که از سوختن مقدار مشخصی از سوخت ایجاد می‌شود و یکی از عوامل تعیین کننده قیمت گاز می باشد. ارزش حرارتی گاز

طبیعی مقدار قدر مطلق آنتالپی احتراق گاز در شرایط ایده آل است که از جداول ترکیبات خالص و درصد آنها در گاز قابل محاسبه است.

ارزش حرارتی می تواند واحدهای $J/mole$ ، KJ/kg ، $kcal/kg$ ، BTU/lb و BTU/ft^3 را داشته باشد و برای اندازه گیری آن در مایعات نفتی از روش ASTM D-240 و در گازها از روش ASTM D-3588 استفاده می شود در روش ASTM D-240 مقدار مشخصی از نمونه در شرایط آدیاباتیک در یک بمب سوخته و افزایش دمایی در حمام حاوی مقدار مشخصی آب اندازه گیری می شود. سپس با استفاده از ظرفیت حرارتی آب، ارزش حرارتی سوخت تعیین می گردد.

مایعات زمانی شروع به سوختن می کنند که از حالت مایع به بخار تبدیل شوند بدین منظور باید به دمای نقطه اشتعال برسند و نیاز به انرژی اولیه دارند این انرژی اولیه شامل مجموع انرژی تبخیر و انرژی احتراق است. لذا میزان انرژی دریافتی اولیه توسط مایعات جهت ایجاد حرارت بیشتر از گازها است.

در روش ASTM D-3588 نمونه گازی به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شده و درصد مولی ترکیبات گاز تعیین می شود سپس با استفاده از جداول استاندارد ارزش حرارتی ترکیبات خالص و درصد آنها، ارزش حرارتی گاز تعیین می شود.

جدول ارزش حرارتي تعدادي از سوختها

	FUEL	MJ/KG	BTU/LB	KJ/MOLE
1	HYDROGEN	141.8	61000	286.0
2	METHAN	55.5	23900	890.0
3	BENZEN	52.8	22800	3270.0
4	ETHANE	51.9	22400	1560.0
5	PROPANE	50.3	21700	2220.0
6	ACETYLENE	49.9	21500	1300.0
7	BUTANE	49.5	20900	2800.0
8	GASOLINE	47.3	20400	-----
9	PARAFFIN	46.0	19900	16300.0
10	DIESEL	44.8	19300	-----
11	PROPANOL	33.6	14500	2020.0
12	CARBON	32.8	14100	393.5
13	HEXAMINE	30.0	12900	4200.0
14	ETHANOL	29.7	12800	1300.0
15	METHANOL	22.7	9800	726.0
16	COAL	15-27	8000-14000	-----
17	WOOD	15.0	6500	-----

$$1 \text{ Btu/lb} = 2.326 \text{ J/Gr} = 0.002326 \text{ MJ/Kg}$$

$$\text{Btu/lb} = 24.15 * \text{Btu} / \text{ft}^3 \quad \text{در گاز طبيعي}$$

جدول 1

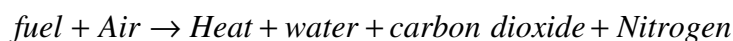
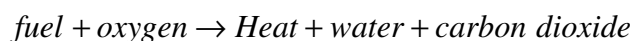
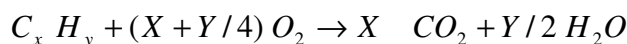
جدول (۱) نشاندهنده ارزش حرارتي تعدادي از سوختها مي باشد، در اين جدول هر چه تعداد کربنها در مولکول افزايش يابد ارزش حرارتي واحد جرم سوخت کاهش و ارزش حرارتي واحد حجم سوخت افزايش مي يابد که توجیه علت آن در بخش نتیجه گيري آمده است.

براي مقايسه ارزش حرارتي سوخته‌هاي مختلف مي توان به ميزان مصرف آنها در يك سال جهت روشنائي يك لامپ ۱۰۰ واتي (۸۷۶kwh) اشاره كرد.

جدول- ۲

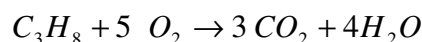
نوع سوخت	مقدار مورد نیاز
Coal	400 kg (876 lb)
Oil	230 kg (508 lb)
Natural gas	170 kg (337 lb) or 255 m ³

در فرآیند سوختن يك نمونه فرمول زیر اتفاق مي افتد و يك سوختن كامل مستلزم تبدیل تمام كربنها و هیدروژن هاي نمونه به CO₂ و H₂O است. بدیهي است ترکیبات ديگري نظير گوگرد و نیتروژن در سوخت نیز به حالت هاي اكسيدي تبدیل مي شوند.



مقدار استاندارد ارزش حرارتي در يك تركيب خالص با توجه به پیوندهاي آن قابل محاسبه است.

مطابق فرمول بالا بايد ابتداء پیوندهاي بين مولكولها بصورت C-H ، C-C و O=O شكسته شده و سپس پیوندهاي جديد C=O و O-H تشكيل شود از جمع كردن انرژي تشكيل پیوندهاي جديد و تفریق آن از انرژي لازم جهت شكستن پیوندهاي قبلي، انرژي حرارتي يك تركيب بدست مي آید بعنوان مثال براي تركيب C₃H₈ (گاز پروپان) مي توان بصورت زیر عمل كرد .



جدول- ۳

پیوند	ΔH (kcal / mol)
C-C	83
C=O	192
C-H	98
O=O	119
O-H	110
C=C	146
C≡C	200

$$(8 \times 98) + (2 \times 83) + (5 \times 119) \rightarrow (6 \times 192) + 8 \times 110$$

$$\Delta H = 487 \text{ kcal / mol} = 2045 \text{ KJ / mol}$$

آب تولید شده در واکنش اگر در حالت بخار و مطابق شرایط گاز ایده آل باشد انرژی حرارتی حاصله بصورت ارزش حرارتی خالص (Net) است و اگر بخار آب حاصله گرمای درونی خود را به محیط دهد و بصورت آب مایع تبدیل شود انرژی حرارتی حاصله بصورت ارزش حرارتی ناخالص (Gross) خواهد بود. ارزش حرارتی ناخالص همیشه بیش از ارزش حرارتی خالص است و اختلاف آنها برابر آنتالپی بخار شدن آب در شرایط ایده آل می باشد.

$$\text{Heat value (Gross)} - \text{Heat value (Net)} = H_w (\text{id}) - H_w (\text{l})$$

$$H_w (\text{id}) - H_w (\text{l}) = \text{آنتالپی ایده آل بخار شدن آب}$$

با توجه به جداول ۱ و ۴ در یک ترکیب با تعداد کربن مشخص و ثابت، تغییرات ارزش حرارتی بترتیب زیر است

سیکلوآلکان > آلکین > آلکن > آلکان

→ کاهش ارزش حرارتی

مطابق جدول ۳ وجود باندهای دوگانه و سه گانه در ترکیب باعث نیاز به انرژی زیادتری جهت شکستن پیوندهای آنها می شوند و در نتیجه ارزش حرارتی کمتری خواهند داشت.

بررسي نتايج آزمايشها و رابطه آنها با ارزش حرارتي گاز :

در اين تحقيق نتايج آزمايشهاي كنترل كيفيت ۲۹ نمونه گازي مورد بررسي قرار گرفته است اين نمونه ها از قسمتهاي مختلفي از صنعت نفت گرفته شده اند مطابق ليست، اين نمونه ها عموماً از گازهاي سرچاهي (چاههاي گازي بعد از جدا كننده ها)، گازهاي خروجي از پالايشگاههاي گازي و گازهاي ورودي به نيروگاهها بوده اند.

در اين بررسي منحنی تغییرات ارزش حرارتي گاز نسبت به تغییرات غلظت هر يك از تركيبات و پارامترها رسم شده است و سپس شیب خط كه نشاندهنده ميزان تاثير غلظت آنها در ارزش حرارتي است مورد تحقيق قرار گرفته است. نتايج اين بررسي ها در جدول ۴ نوشته شده است.

مطابق جدول ۴ و ستونهاي مربوط به ارزش حرارتي استاندارد تركيبات خالص با افزايش تعداد كربن و دانسيته گاز ارزش حرارتي براي حجم ثابتي از گاز افزايش يافته و براي وزن ثابتي از گاز کاهش مي يابد اين رابطه بصورت تئوري نيز قابل توجیه است. در يك مولكول گرم گاز با افزايش هر گروه $-CH_2$ به زنجيره هيدروكربوري حدوداً 750 Btu به ارزش حرارتي آن ا اضافه مي شود كه بدليل سوختن آن و توليد CO_2 و H_2O است و ايجاد پيوندهاي $C=O$ و $H-O$ انرژي مشخصي را ايجاد مي كند.

با توجه به اينكه حجم با مولكول گرم در گازها يك رابطه مستقيم دارند و يك مولكول گرم از همه گازها در شرايط متعارفي ۲۲/۴ ليتر حجم دارد در حجم ثابت با افزايش تعداد كربن و وزن مولكولي، مقدار ارزش حرارتي گاز افزايش مي يابد. از طرف ديگر با افزايش تعداد كربن و مقدار مولكول گرم تركيبات، تعداد مولكول گرم آنها در يك وزن ثابت كاسته مي شود و از آنجايي كه ارزش حرارتي تابع تعداد

مولکول گرم های آن ترکیب است با کاهش تعداد مولکول گرم ارزش حرارتی نیز کاهش می یابد.

با توجه به اینکه در گازها حجم مورد اندازه گیری قرار می گیرد روابط حجمی حاکم است و از نظر تئوری هر چه ترکیبات سنگین تر اضافه شود ارزش حرارتی گاز باید بالاتر باشد.

بررسی شیب خط (Slop) منحنی های رسم شده (تغییرات ارزش حرارتی گاز نسبت به تغییرات غلظت ترکیبات) این نظریه را تایید کرده است که هر چه مقدار ترکیبات سنگین تر اضافه شده ارزش حرارتی بالاتری بدست آمده است. همانطور که مشاهده می شود افزایش ترکیباتی نظیر N_2 و CO_2 و C_1 اثر کاهش بر ارزش حرارتی داشته و هر چه ترکیبات C_2 و سنگین تر اضافه شده ارزش حرارتی نیز بالاتر رفته است.

اثر افزایش جرم مولکولی و دانسیته نیز مبین همین مسئله است و با افزایش آنها ارزش حرارتی افزایش می یابد ولی این افزایش تا حدی می تواند باشد که در شرایط فیزیکی گاز تغییر ایجاد نکند و کماکان به آن گاز اتلاق شود.

در بررسی دیگر با استفاده از نرم افزار Excel مطالعات آماری در فضای n بعدی انجام شده و با فرض درصدهای اجزاء گاز بعنوان متغیرهای مستقل (X) و ارزش حرارتی گاز بعنوان متغیر وابسته (Y)، بهترین معادله خطی (Trend) بصورت فرمول $\Delta H = \sum_{i=1}^n C_i A_i$ حاصل شده است که در آن C_i غلظت مولی هر جزء و A_i یک ضریب ثابت است.

جهت بررسی صحت و دقت این فرمول، درصدهای اجزاء گازهای مختلف را در این فرمول قرار داده و مقدار ΔH محاسبه شده است. نتایج حاصله با اختلاف $\pm 1 Btu / ft^3$ نسبت به ارزش حرارتی واقعی بوده است.

جدول ۵ نشاندهنده ضرایب A برای ترکیبات مختلف در گاز است.

در این جدول ضریب A برای هر ترکیب مشخص کننده میزان تاثیر آن ترکیب در ارزش حرارتی می باشد لذا با بررسی ضرایب A می توان نتیجه گرفت که هر چه ترکیبات سنگین تر به گاز اضافه شود ارزش حرارتی آن را افزایش می دهد که تایید کننده نتیجه گیری قبلی می باشد.

جدول شیب منحنی تغییرات ارزش حرارتی نسبت به تغییرات غلظت

	COMPONENT	GROSS HEATING VALUE			Gr/Mole	SLOP	R^2
		Btu/ft3	Btu/lb	K J/mole	MW		
1	N2	0	0	0	28.01	-28.3	0.6163
2	CO2	0	0	0	44.01	-48.0	0.1008
3	C1	1010	23891	892	16.04	-16.4	0.7346
4	C2	1770	22333	1562	30.07	26.9	0.9244
5	C3	2516	21653	2220	44.10	46.4	0.9436
6	I C4	3252	21232	2870	58.12	358.2	0.8220
7	N C4	3262	21300	2879	58.12	155.8	0.8620
8	I C5	4001	21043	3531	72.15	713.4	0.6893
9	N C5	4009	21085	3535	72.15	685.6	0.6726
10	C6	4756	20943	4198	86.18	739.9	0.1658
11	C7	5503	20839	4857	100.20	~ 0.1	scatered
12	C8	6249	20759	5515	114.23	~ 0.1	scatered
13	C 1 +	-----	-----	-----	-----	28.9	0.5747
14	C 2 +	-----	-----	-----	-----	15.0	0.9697
15	C 3 +	-----	-----	-----	-----	30.2	0.8953
16	C 4 +	-----	-----	-----	-----	81.2	0.7969
17	C 5 +	-----	-----	-----	-----	210.1	0.4178
18	C6+	-----	-----	-----	-----	94.4	0.0129
19	MW	-----	-----	-----	-----	67.3	0.8219
20	DENSITY	-----	-----	-----	-----	1594	0.8222

جدول 4

برای کارهای آماری مقدار R^2 باید بالاتر از 0/8 باشد تا نقاط همبستگی لازم را داشته باشند

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	12	420822.4	35068.54	10627.01	7.89E-29
Residual	17	56.09904	3.299944		
Total	29	420878.5			

Regression Statistics

Multiple R	0.999933
R Square	0.999867
Adjusted R	0.940957
Standard Error	1.816575
Observations	29

	Coefficient	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
N2	0.136912	0.234309	0.584322	0.566678	-0.357437	0.631261	-0.357437	0.631261
C1	10.07868	0.022069	456.6874	3.35E-36	10.03212	10.12525	10.03212	10.12525
CO2	0.71588	0.680483	1.052018	0.307516	-0.719815	2.151575	-0.719815	2.151575
C2	17.37705	0.344128	50.49592	5.76E-20	16.651	18.1031	16.651	18.1031
C3	27.1273	1.433268	18.92689	7.36E-13	24.10337	30.15124	24.10337	30.15124
IC4	39.87189	16.61045	2.400409	0.028103	4.826846	74.91693	4.826846	74.91693
NC4	24.06617	10.63006	2.263972	0.036945	1.638665	46.49368	1.638665	46.49368
IC5	0.051818	1.087209	0.047662	0.962541	-2.241995	2.345631	-2.241995	2.345631
NC5	91.17527	21.81986	4.178546	0.00063	45.13933	137.2112	45.13933	137.2112
C6	10.10734	32.8212	0.307952	0.76186	-59.13943	79.35411	-59.13943	79.35411
C7	63.80901	39.14566	1.630041	0.12148	-18.78123	146.3993	-18.78123	146.3993
C8	67.28283	28.09414	2.394906	0.028418	8.0093	126.5564	8.0093	126.5564
C _i	A _i							

جدول 5

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n C_i A_i$$

C_i = درصد مولی هر جزءA_i = ضریب هر جزء در فرمول محاسبه ارزش حرارتی

بحث و نتیجه گیری :

با مقایسه شیب خط و R_2 اجزاء مختلف گاز در جدول شماره ۴ مشاهده می شود که ۱- ترکیبات N_2 و O_2 اثر کاهنده و شیب منفی دارند با توجه به اینکه ارزش حرارتی آنها صفر است و مستقیماً بر ارزش حرارتی تاثیر نمی گذارند ولی هر چه مقدار آنها افزایش می یابد از مقدار بقیه اجزاء که قابلیت ایجاد انرژی حرارتی را دارند کاسته شده و در نتیجه ارزش حرارتی گاز کاهش می یابد. از سوی دیگر مقداری از انرژی تولید شده را جذب کرده و باعث کاهش ارزش حرارتی می شوند.

۲- گاز متان دارای ارزش حرارتی 892 KJ/mol است ولی در مقابل ترکیبات سنگین تر نظیر پروپان 2220 KJ/mol و یا پنتان نرمال 3535 KJ/mol ارزش حرارتی پایینتری دارد. در صورت افزایش متان باید از درصد بقیه کاسته شود در کل مقدار ارزش حرارتی گاز کاهش خواهد یافت.

۳- از اتان تا پنتان نرمال با افزایش هر کربن میزان ارزش حرارتی نیز افزایش خواهد داشت.

۴- ترکیبات هگزان، هپتان و اکتان علیرغم دارای ارزش حرارتی بالاتر و انتظار افزایش بیشتر دارای منحنی تغییرات ارزش حرارتی نسبت به تغییر غلظت بسیار پراکنده ای بودند که قابل تفسیر نبوده اند. این ترکیبات در شرایط معمولی مایع هستند و نقطه جوش آنها بالاتر از 25°C است بنابراین باید انرژی سیستم را جذب کنند تا به حالت گازی برسند. به این دلیل مقدار کمی از آنها در حالت گازی قرار می گیرند و بقیه بصورت میعانات گازی از آن خارج می شوند همچنین این ترکیبات در حالت گازی از شرایط گاز ایده آل برخوردار نیستند و مانند بقیه گازهای سبکتر در گاز طبیعی بر ارزش حرارتی اثر نمی گذارند.

$$\frac{PV}{nRT} = Z = 1$$

برای گاز ایده آل

$$\frac{PV}{nRT} = Z = 1 + \frac{b}{V} + \frac{c}{V^2} + \dots$$

Z = ضریب تراکم پذیری گاز

که ضرایب و ویریال این معادله (b,c,...) با توجه به اثرگذاری گازهای يك مجموعه بر هم و جداول استاندارد تعیین می شوند و میزان تغییرات n و d و M نسبت به تغییرات فشار و دما تابع این ضرایب است.

همانطور که از منحنی های آنها و درصد آنها در گازهای مختلف قابل مشاهده است این نقاط هیچگونه همبستگی ندارند و ضرایب R^2 برای منحنی های آنها خیلی کم و غیر قابل بررسی است و با توجه به مقدار کم آنها تاثیر بسیار کمی در ارزش حرارتی دارند.

۵- با توجه به کم بودن مقدار و اثرات هگزان، هپتان، اکتان با توجه به پراکندگی نقاط

منحنی های آنها و در نتیجه کم بودن اثر آنها در ارزش حرارتی گاز بهتر است که در آزمایشات بعدی برای اندازه گیری ترکیبات گاز تا NC_5 بطور جداگانه اندازه گیری شده و از C_6 به بعد بصورت C_6^+ گزارش شود.

۶- با بررسی جرم مولکولی و دانسیته گاز نسبت به ارزش حرارتی گاز و شیب منحنی های آنها مشاهده می شود که این دو پارامتر تاثیر زیادی در افزایش ارزش حرارتی گاز دارند. این دو پارامتر بطور محاسباتی از درصد اجزاء گاز بدست می آیند لذا افزایش اجزاء سنگین تر از اتان تا نرمال پنتان همراه بود با کاهش اجزاء سبکتر و در نتیجه افزایش دانسیته و جرم مولکولی که در هر دو حالت باعث افزایش ارزش حرارتی خواهد شد.

بررسی تئوریک و شبیه سازی توسط نرم افزار Hysis بر روی یکی از نقاط (نمونه شماره ۱۵) نشان داده است که اگر دانسیته گاز در فشار اتمسفریک و دمای $25^\circ C$ در اثر افزایش مقدار C_6 و بالاتر افزایش یافته و به $1/18 \text{ kg/m}^3$ برسد گاز به نقطه شبنم رسیده و قطرات مایع ظاهر

می شوند بنابراین حداکثر مقدار دانسیته در این شرایط دما و فشار می تواند ۱/۱۸ باشد. نتایج تجربی در رابطه با گازهای با ارزش حرارتی بالا در ۲۹ نمونه مورد بررسی، نشان داده است که اگر دانسیته گاز حدود 0.95 kg/m^3 باشد ارزش حرارتی مناسبی دارد.

۷- از آنجایی که سیستم پالایش و تولید گاز اجازه این انتخاب را نمی دهد که ترکیبات بصورت انتخابی استفاده شوند باید از راه های دیگر به این هدف رسید. فشار و دما دو عامل مهم و موثر در دانسیته گازها می باشند با افزایش دما حجم زیاد شده و دانسیته کاهش می یابد و در نتیجه ارزش حرارتی کاهش خواهد یافت و با افزایش فشار حجم گاز کاهش یافته و دانسیته افزایش خواهد یافت و در نتیجه ارزش حرارتی افزایش خواهد یافت در حال حاضر در طول خطوط لوله گاز از تغییر این دو عامل جهت جلوگیری از افت فشار در زمستان استفاده می شود.

بررسی تئوریک و شبیه سازی توسط نرم افزار Hysis بر روی یکی از نقاط (نمونه شماره ۱۵) نشان داده است که با کاهش دما دانسیته گاز افزایش یافته تا جایی که به نقطه شبنم می رسد و قطرات مایع ظاهر می شود ولی با افزایش فشار به تنهایی به نقطه شبنم نمی رسد و نیاز به کاهش دما نیز دارد.

یک راه موثر در کنترل ارزش حرارتی، فشار و دمای سیستم استفاده از دستگاه های Online در خطوط لوله است. که با کنترل دقیق ارزش حرارتی و تنظیم فشار و دما می توان به نتیجه مطلوب رسید.

۸- نکته قابل توجه اینست که با افزایش فشار و فشرده کردن گاز در اصل مقدار زیادی از حجم گاز با انرژی حرارتی کمتر را به حجم کمتر و انرژی حرارتی بالاتر تبدیل می کنیم که در قیمت گذاری واحد حجم گاز ایجاد اشکال می کند.

اگر این عمل توسط شرکت گاز انجام شود به لحاظ ایجاد حجم کمتری از محصول ناچار به افزایش قیمت گاز خواهد بود و از آنجایی که ارزش حرارتی فعلی گاز جهت مصارف خانگی کافی است هزینه زیادی به مصرف کنندگان خانگی تحمیل

خواهد شد. و اگر توسط شرکتهای صنعتی با مصارف خاص انجام شود آنها نیز در مقابل حجم گازی که دریافت کرده اند و حجم گازی که مصرف کرده اند اختلاف خواهند داشت و هزینه زیادی برایشان در برخواهد داشت. لذا توصیه می شود بجای استفاده از حجم گاز در محاسبات قیمت گاز، از مقدار انرژی حرارتی که مصرف شده استفاده شود.

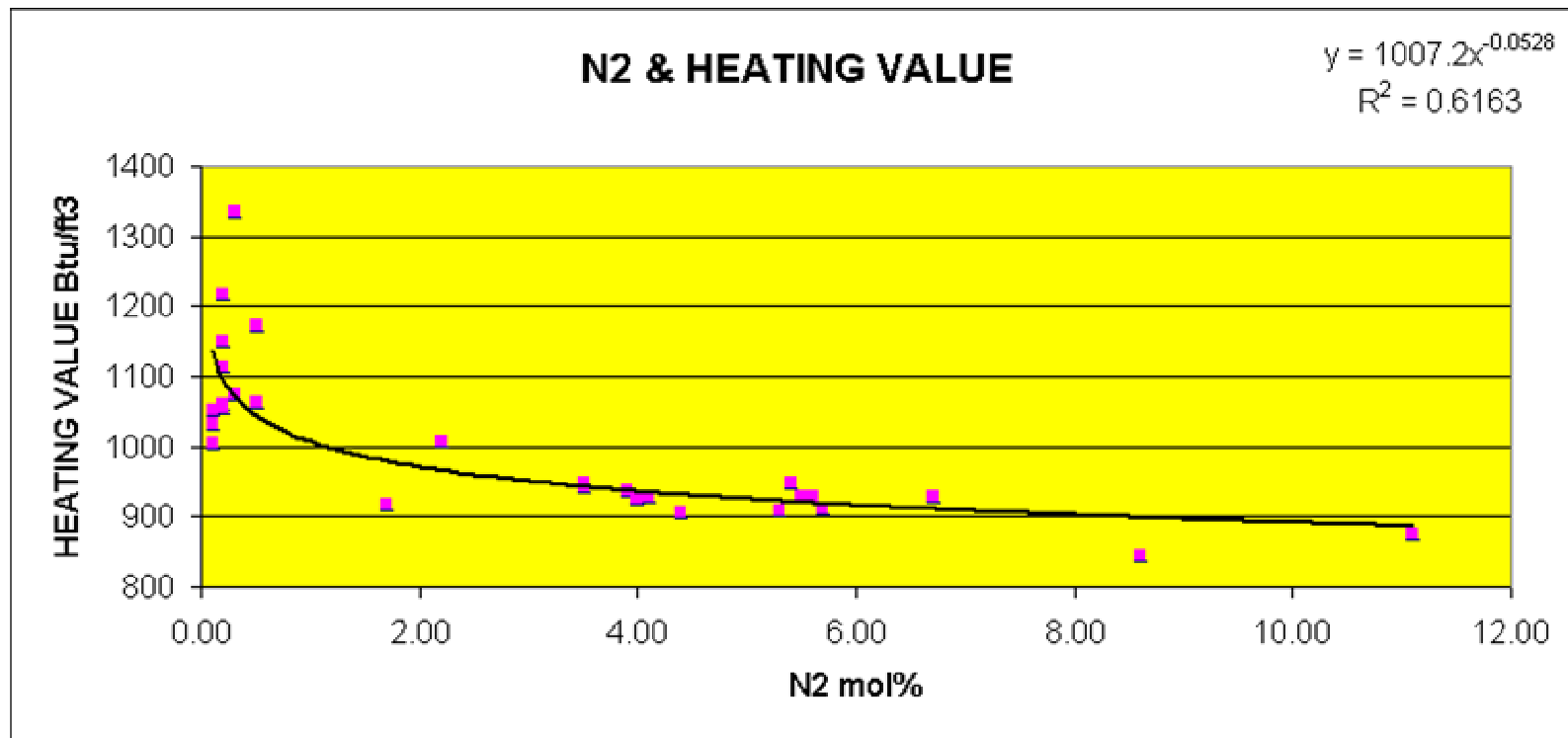
تشکر و قدردانی

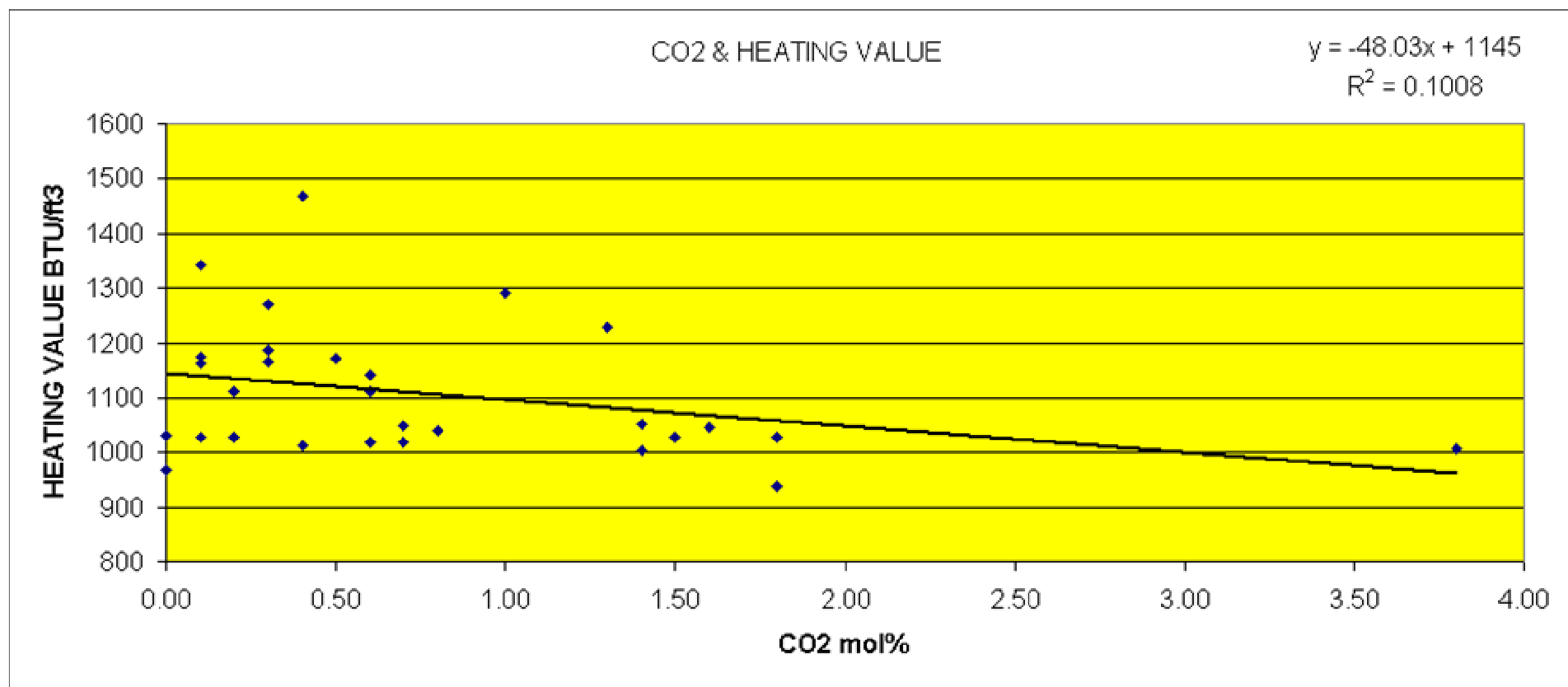
در پایان از همه کسانی که از انجام آزمایشات و تهیه منابع علمی و گزارشات همکاری داشته اند بخصوص خانم مهندس جعفری و آقای مهندس سامانی تشکر و قدردانی می گردد.

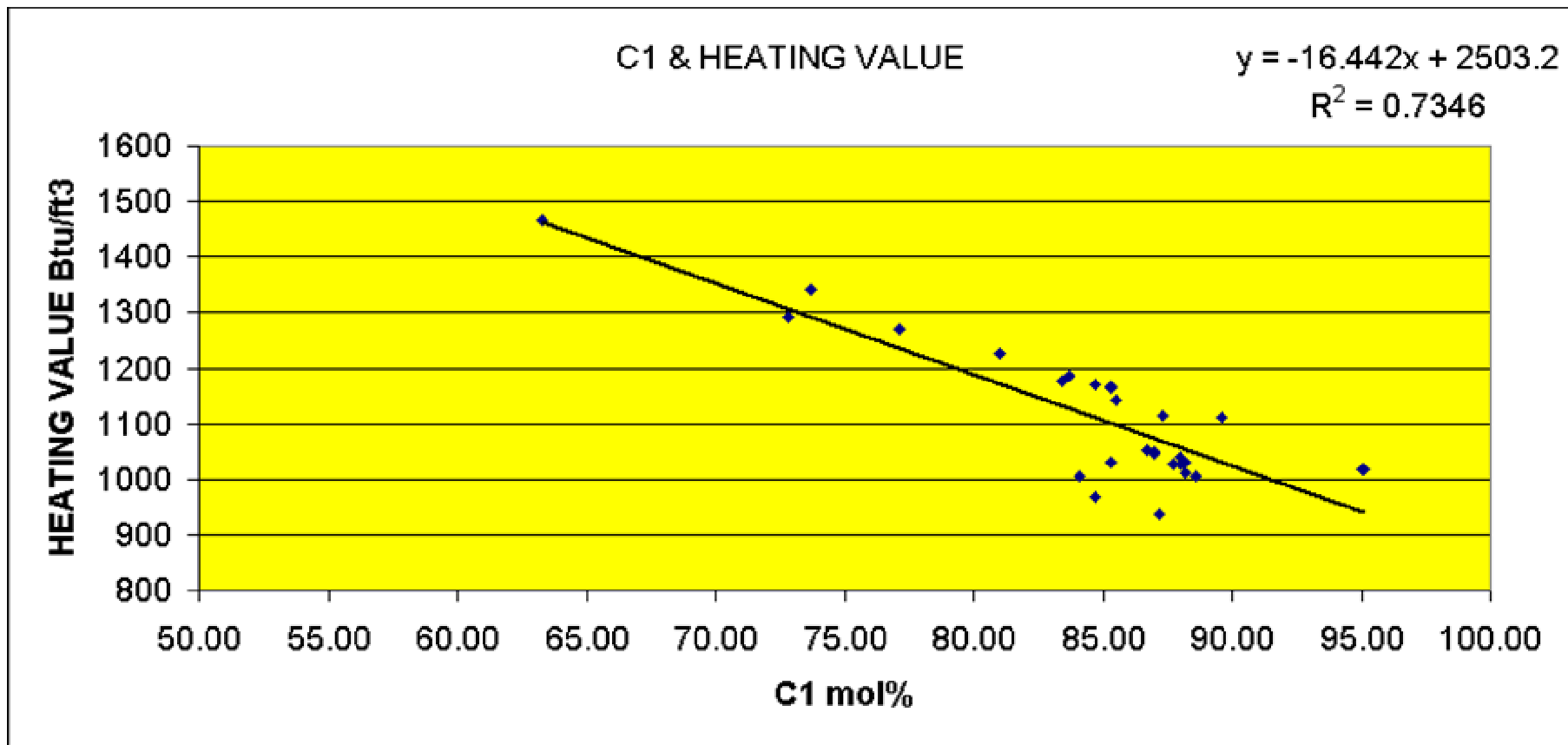
	COMPONENT	UNIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	H2S	vol%	0.0006	0.0006	0.0006	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	N2	mol%	0.20	1.70	2.20	4.10	8.60	3.50	1.70	3.50	5.60	0.30
4	C1	mol%	77.10	95.10	87.30	88.10	87.20	86.70	95.00	87.00	88.20	63.30
5	CO2	mol%	0.30	0.60	0.20	1.80	1.80	1.40	0.70	1.60	0.20	0.40
6	C2	mol%	13.50	1.60	5.80	3.60	1.40	5.50	1.60	5.20	3.40	17.70
7	C3	mol%	5.85	0.44	2.73	1.11	0.38	1.95	0.40	1.70	1.35	12.01
8	IC4	mol%	0.68	0.12	0.41	0.28	0.12	0.37	0.11	0.31	0.31	1.61
9	NC4	mol%	1.48	0.17	0.83	0.38	0.15	0.56	0.18	0.46	0.43	3.43
10	IC5	mol%	0.34	0.07	0.20	0.17	0.07	0.01	0.08	0.12	0.13	0.59
11	NC5	mol%	0.33	0.09	0.20	0.12	0.05	0.01	0.11	0.08	0.10	0.52
12	C6	mol%	0.15	0.07	0.09	0.16	0.06	0.00	0.08	0.03	0.09	0.13
13	C7	mol%	0.06	0.03	0.03	0.11	0.04	0.00	0.03	0.00	0.11	0.01
14	C8	mol%	0.01	0.01	0.01	0.07	0.04	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00
17	C 1 +	mol%	99.50	97.70	97.60	97.10	89.60	95.10	97.60	94.90	94.20	99.30
19	C 3 +	mol%	8.90	1.00	4.50	2.40	0.91	2.90	1.00	2.70	2.59	18.30
18	C 2 +	mol%	22.40	2.60	10.30	6.00	2.40	8.40	2.60	7.90	6.00	36.00
19	C 4 +	mol%	3.05	0.56	1.77	1.29	0.62	0.95	0.60	1.00	1.25	6.29
20	C 5 +	mol%	0.89	0.27	0.53	0.63	0.35	0.02	0.31	0.23	0.51	1.25
20	C 6 +	mol%	0.22	0.11	0.13	0.34	0.14	0.00	0.12	0.03	0.27	0.24
15	T	c	50.00	44.00	42.00	43.00	42.00	20.00	36.00	14.00	56.00	41.00
16	P	bar-g	31.7	54.4	47.6	82	114	87.20	51.7	60.00	74	24.80
21	MW	gr/mole	21.12	17.05	18.78	18.53	18.22	18.57	17.09	18.57	18.26	24.88
22	DENSITY	gr/m3	0.893	0.721	0.794	0.784	0.771	0.786	0.723	0.786	0.772	1.052
23	HEATING VALUE GROSS	Btu/ ft3	1269.5	1018.9	1113.1	1028.3	937.4	1050.8	1018.3	1045.6	1029.2	1466.7
24	HEATING VALUE NET	Btu/ft3	1151.8	918.2	1006.4	928.4	845.1	949.1	917.9	944.3	929.2	1335.8
24												

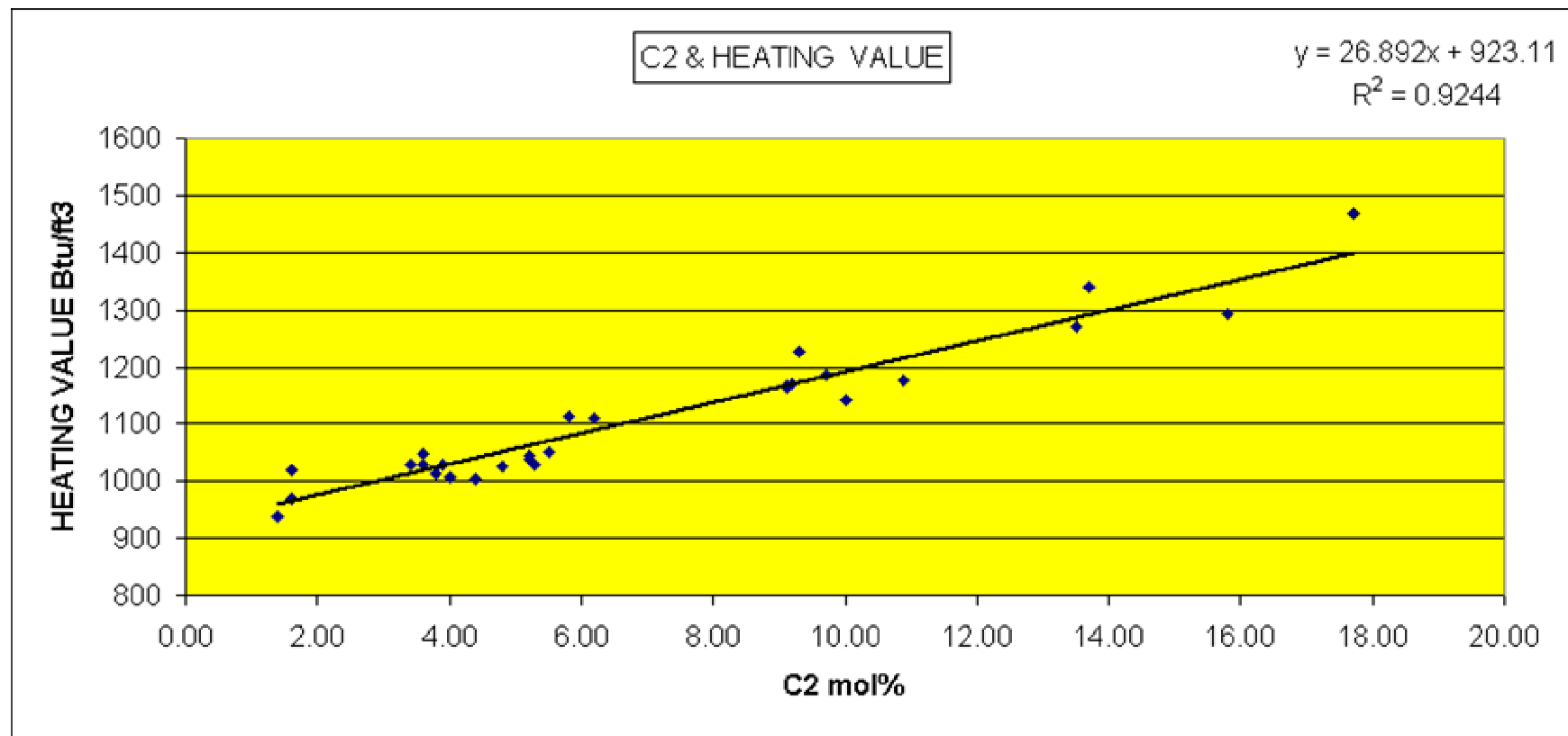
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
11.10	0.20	6.70	4.00	0.10	4.40	5.40	0.20	0.50	0.10
84.70	81.00	85.30	87.70	85.50	88.60	87.00	85.30	83.40	89.60
<0.1	1.30	<0.1	1.50	0.60	1.40	0.70	0.30	0.10	0.60
1.60	9.30	5.30	4.80	10.00	4.40	3.60	9.10	10.90	6.20
1.00	4.23	1.78	1.14	2.88	0.75	1.44	3.41	3.66	2.32
0.25	0.79	0.27	0.26	0.28	0.14	0.35	0.39	0.33	0.33
0.48	1.73	0.43	0.33	0.46	0.19	0.51	0.74	0.70	0.56
0.20	0.46	0.10	0.13	0.08	0.06	0.22	0.18	0.15	0.13
0.20	0.55	0.08	0.09	0.08	0.04	0.17	0.18	0.16	0.12
0.16	0.28	0.04	0.05	0.02	0.02	0.15	0.11	0.08	0.04
0.14	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.06	0.02	0.00
0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.03	0.00	0.00
88.90	98.50	93.30	94.50	99.30	94.20	93.90	99.50	99.40	99.30
2.60	8.18	2.70	2.00	3.80	1.20	3.19	5.10	5.10	3.50
4.20	17.50	8.00	6.80	13.80	5.60	6.90	14.20	16.00	9.70
1.60	3.97	0.92	0.86	0.92	0.45	1.86	1.69	1.44	1.18
0.87	1.45	0.22	0.27	0.18	0.12	1.00	0.56	0.41	0.29
0.47	0.42	0.04	0.05	0.02	0.02	0.50	0.20	0.10	0.04
40.00	43.90	20.00	25.00	25.00	21.00	67.80	28.90	22.00	15.60
50.3	9.7	23.80	44.00	20.00	44.00	75.8	37.9	23.40	37.90
18.74	20.85	18.51	18.34	18.85	18	18.8	19.2	19.36	18.29
0.792	0.882	0.783	0.776	0.797	0.761	0.795	0.812	0.819	0.773
968.8	1228	1029.7	1027.4	1141.8	1005	1048.8	1166.4	1175.3	1111.4
874.6	1114	930	927.5	1032.7	906.6	947.5	1055.5	1063.9	1004.3

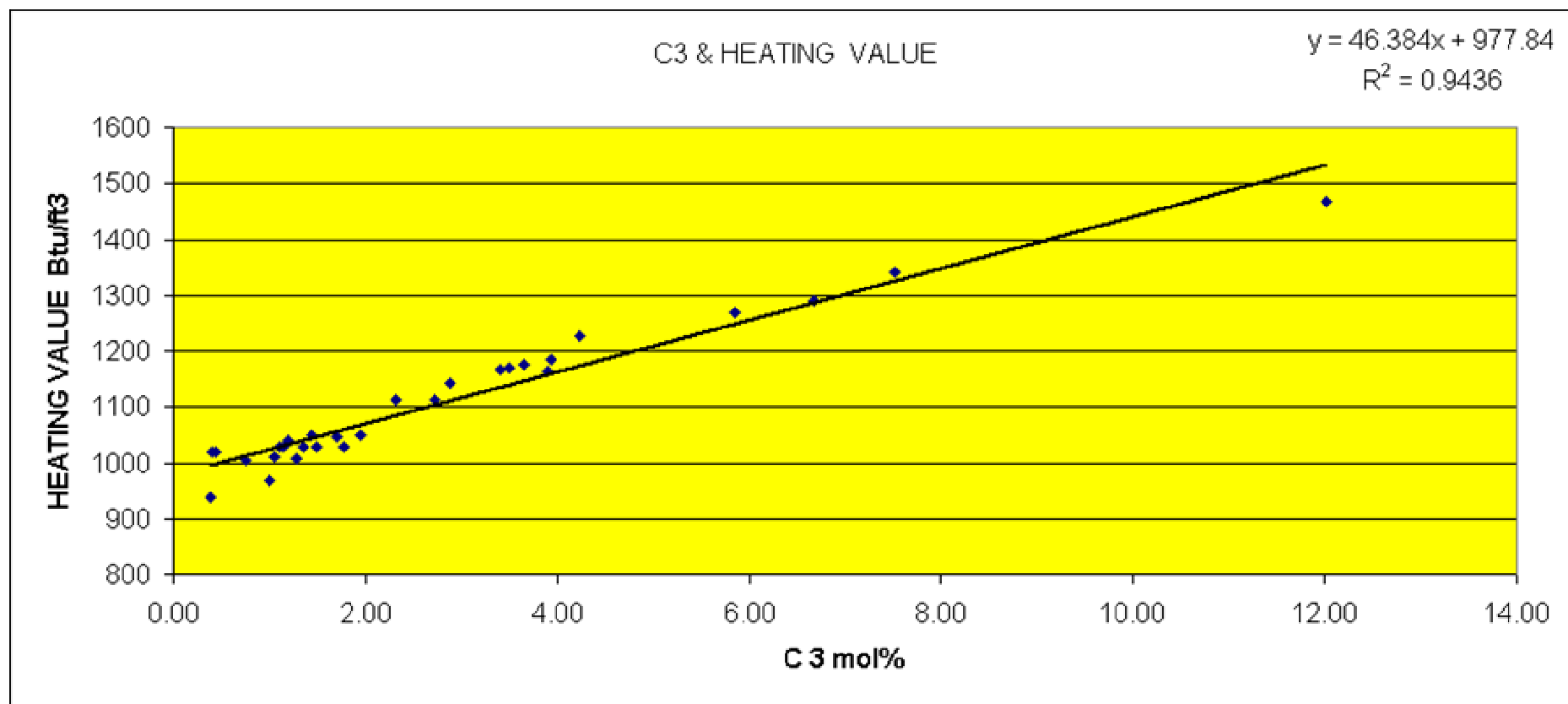
21	22	23	24	25	26	27	28	29
<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
0.20	0.50	5.30	0.30	0.20	0.10	5.50	5.70	3.90
73.70	72.80	84.10	83.70	84.70	85.30	88.00	88.20	88.00
0.10	1.00	3.80	0.30	0.50	0.10	0.10	0.40	0.80
13.70	15.80	4.00	9.70	9.20	9.10	3.90	3.80	5.20
7.52	6.68	1.29	3.93	3.50	3.90	1.50	1.06	1.19
1.04	0.75	0.34	0.50	0.44	0.39	0.36	0.25	0.29
2.38	1.66	0.44	1.02	0.87	0.65	0.37	0.36	0.47
0.55	0.34	0.18	0.21	0.22	0.09	3.13	0.12	0.10
0.54	0.30	0.13	0.21	0.22	0.07	0.09	0.07	0.05
0.21	0.12	0.17	0.11	0.11	0.00	0.05	0.04	0.00
0.05	0.02	0.13	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99.70	98.50	90.90	99.40	99.30	99.80	94.40	93.90	95.30
12.30	9.88	2.77	6.00	5.40	5.10	5.50	1.90	2.10
26.00	25.70	6.80	15.70	14.60	14.50	6.40	5.70	7.30
4.78	3.22	1.51	2.07	1.90	1.50	1.00	0.84	0.91
1.36	0.81	0.73	0.55	0.59	0.46	0.27	0.23	0.15
0.27	0.15	0.39	0.13	0.15	0.00	0.05	0.04	0.00
49.00	25.00	45.00	46.00	40.60	52.00	52.00	37.00	39.00
10.3	23.4	84	27.20	34.50	45.60	73.90	55.00	63.00
22.37	21.95	19.44	19.59	19.38	19.02	18.16	18.06	18.2
0.946	0.928	0.822	0.829	0.82	0.805	0.768	0.764	0.77
1341.1	1291.3	1006.6	1185.7	1171.1	1163.6	1028.2	1011.8	1039.2
1218.5	1172.4	909.3	1073.6	1059.9	1052.8	928.2	913.1	938.2

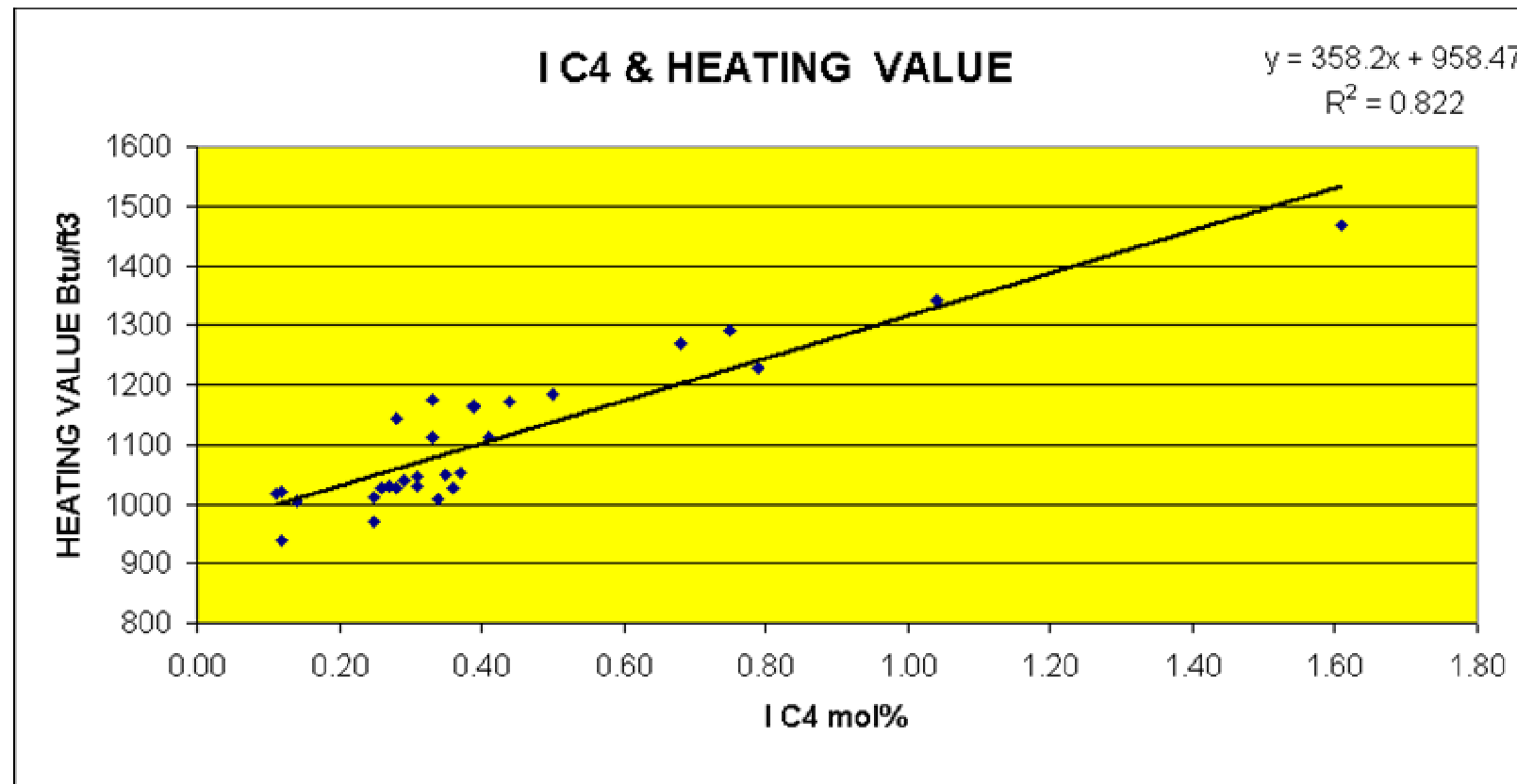


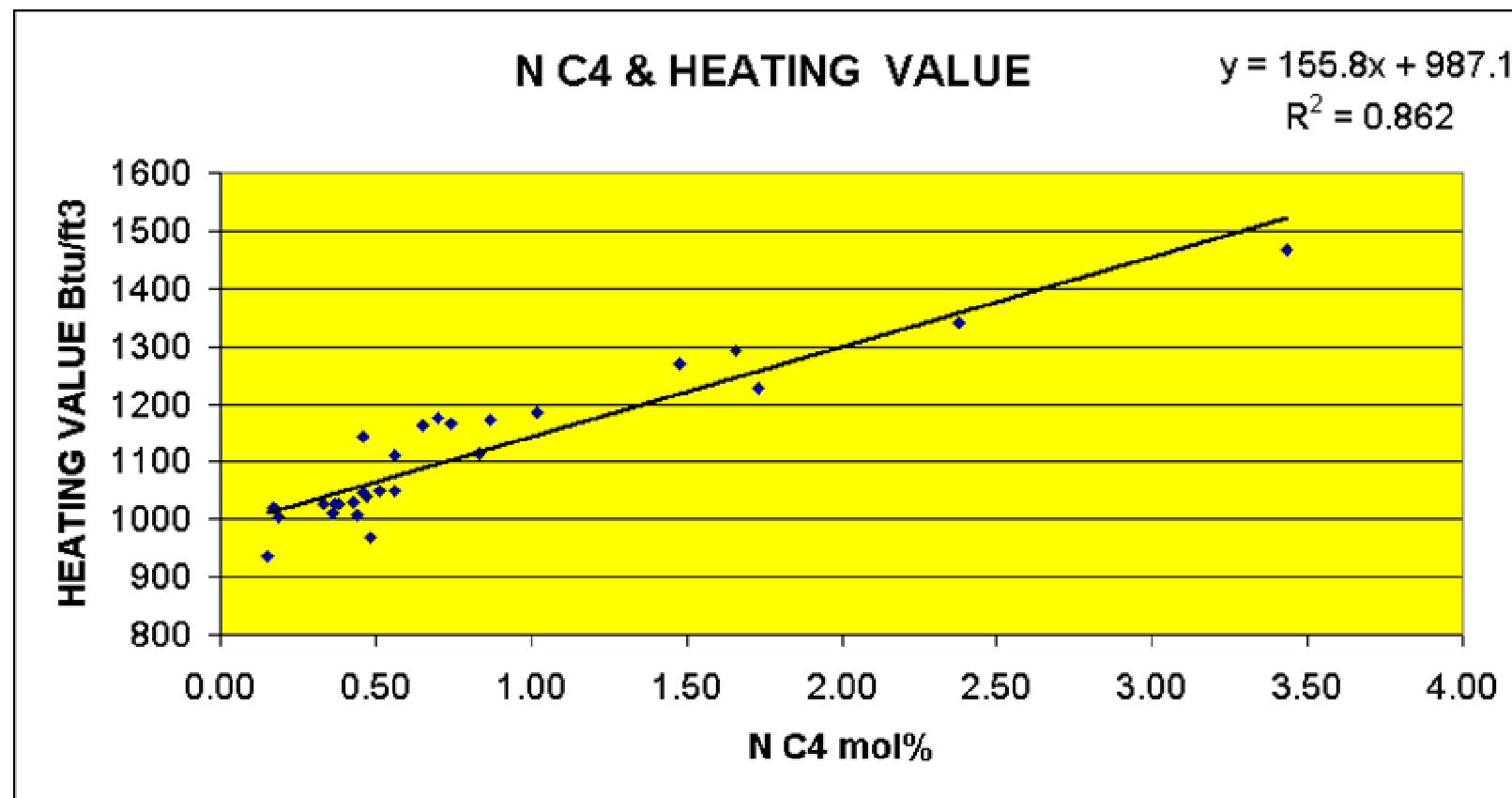


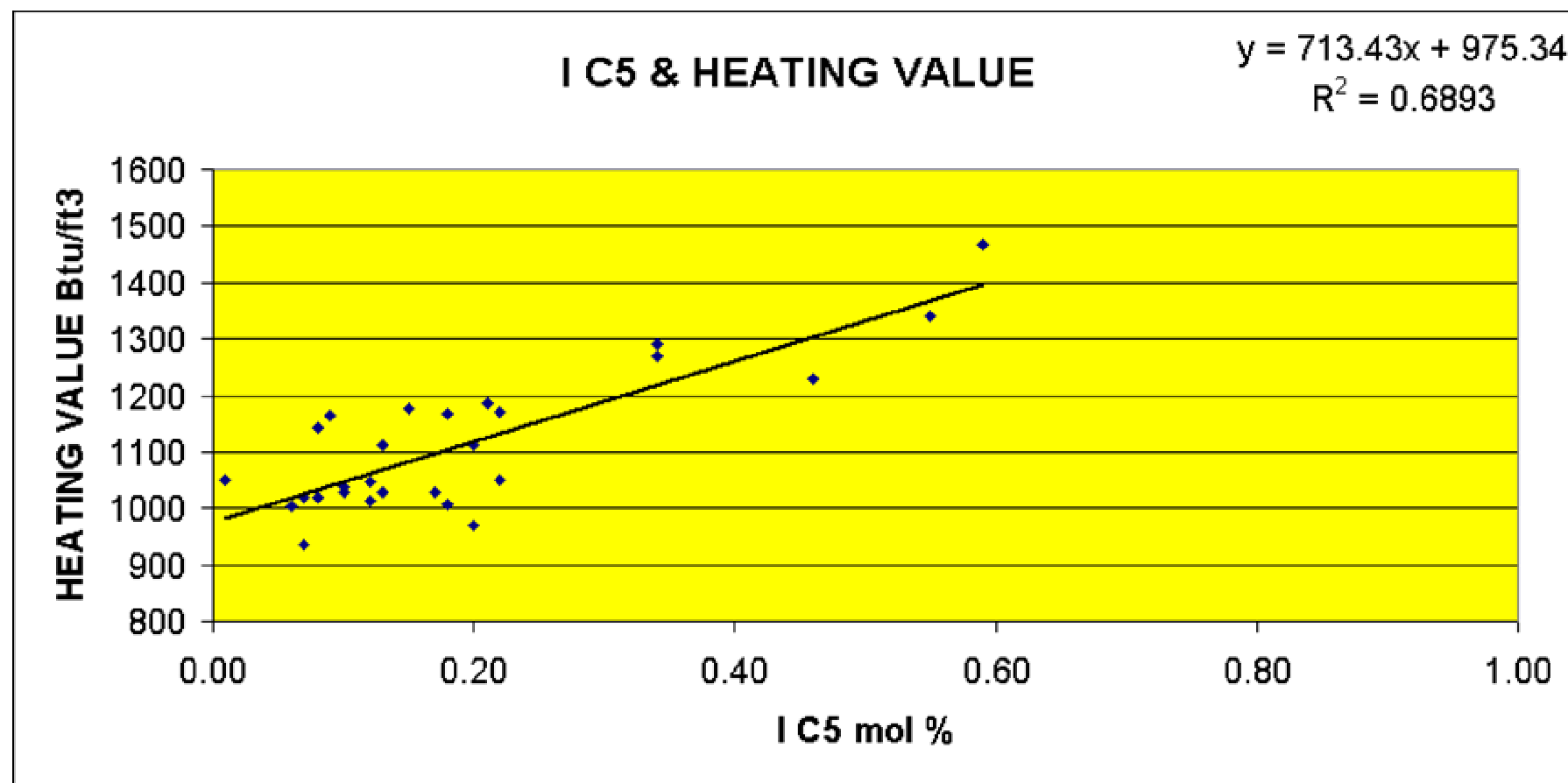


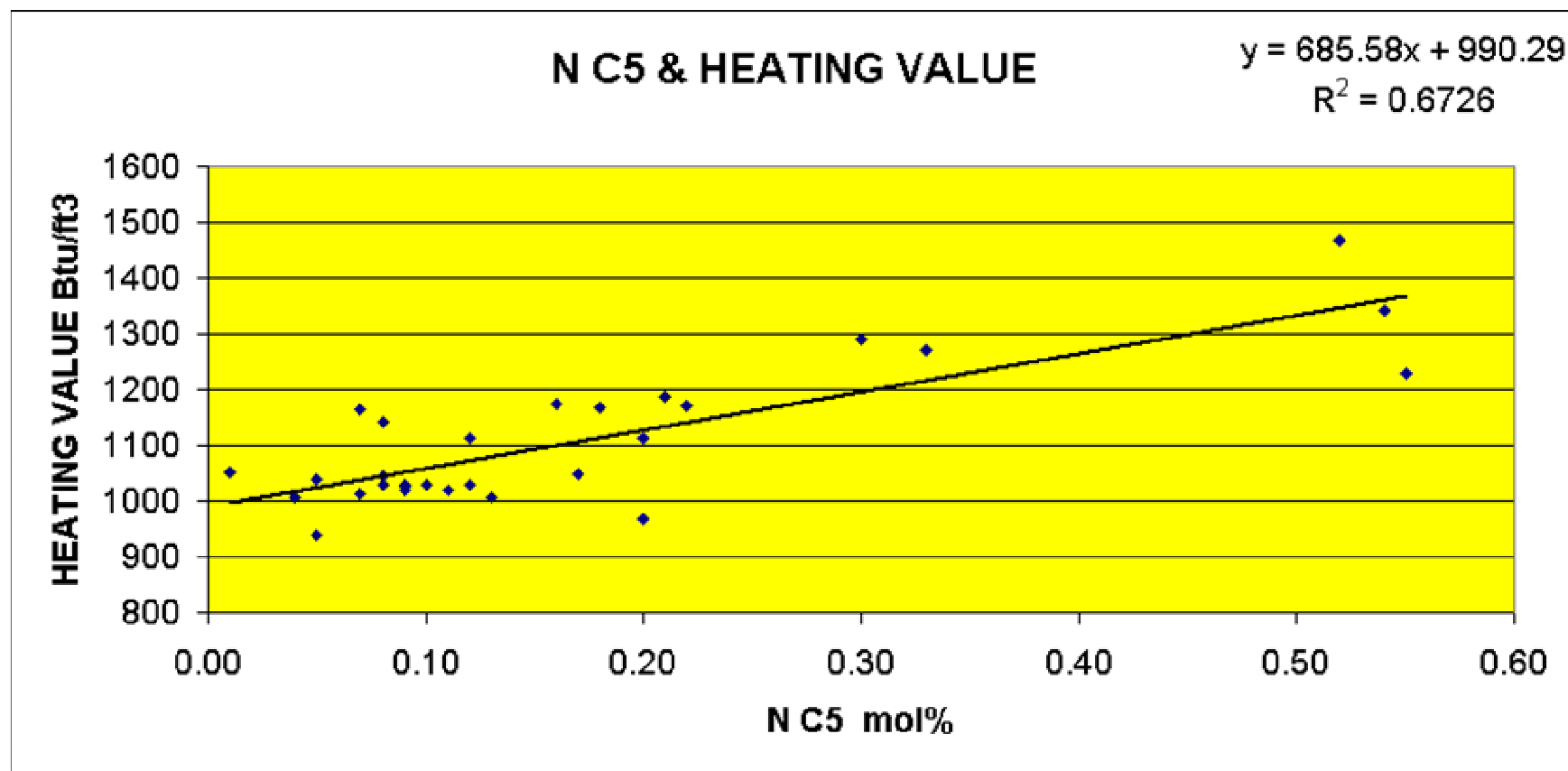


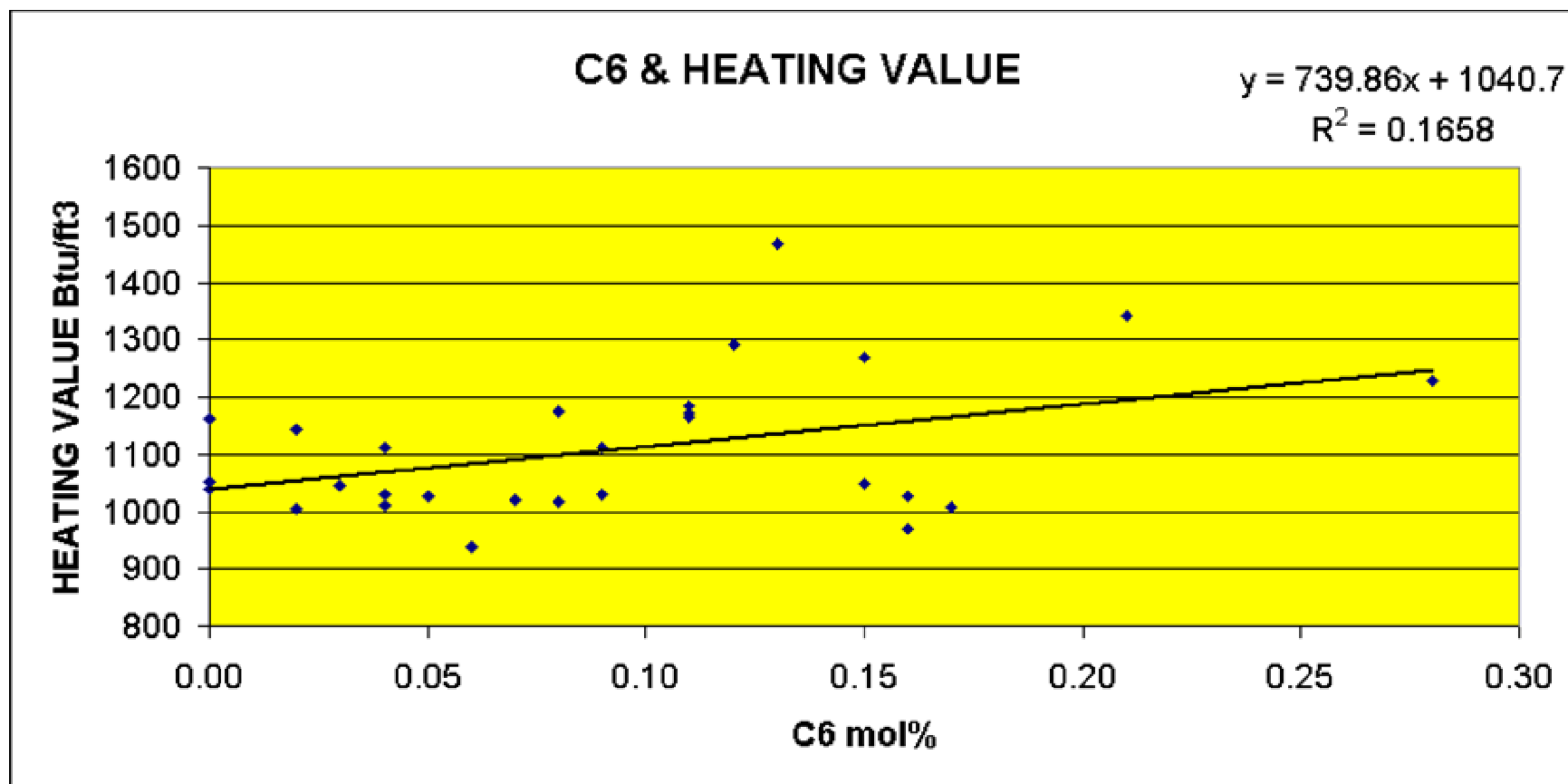


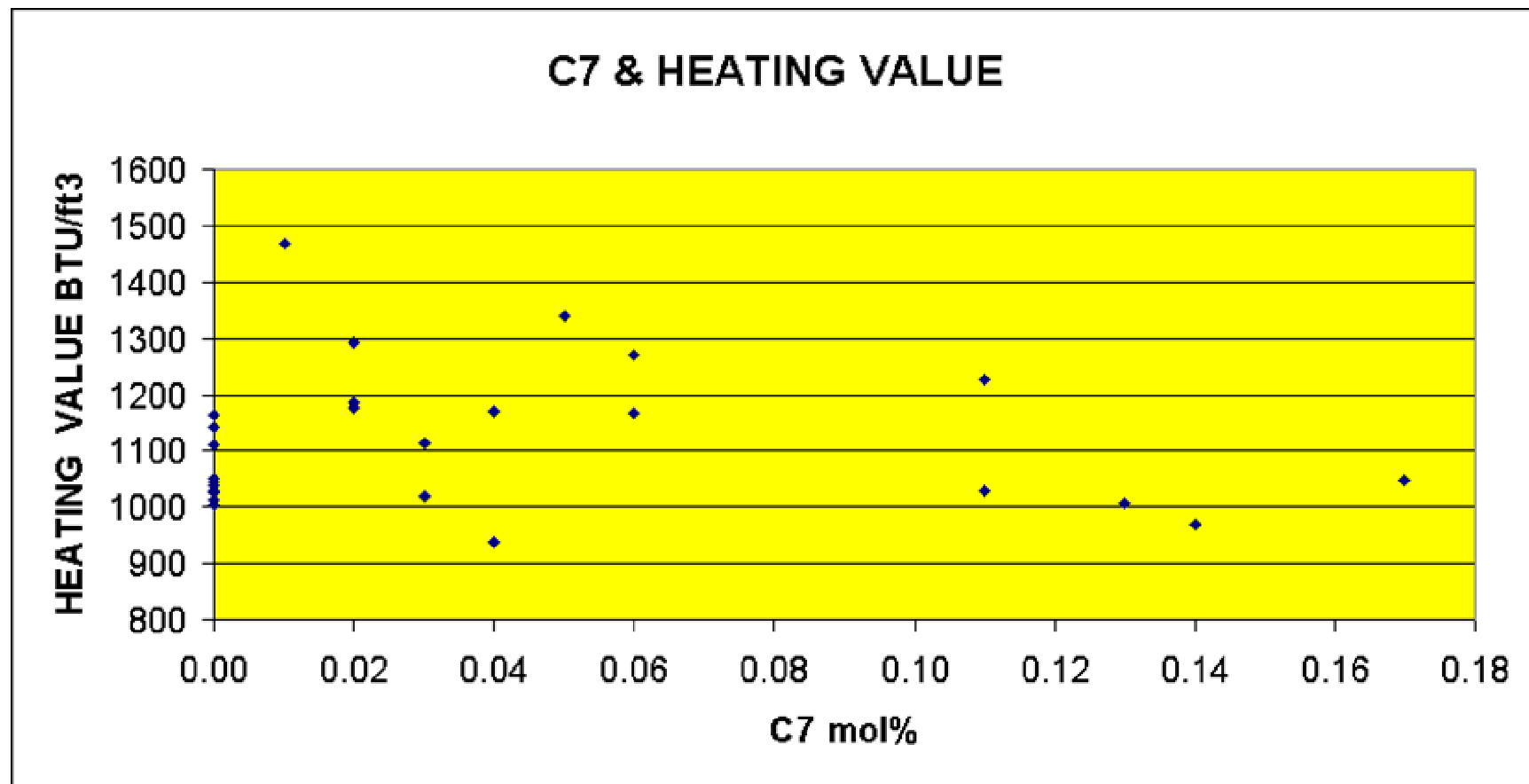


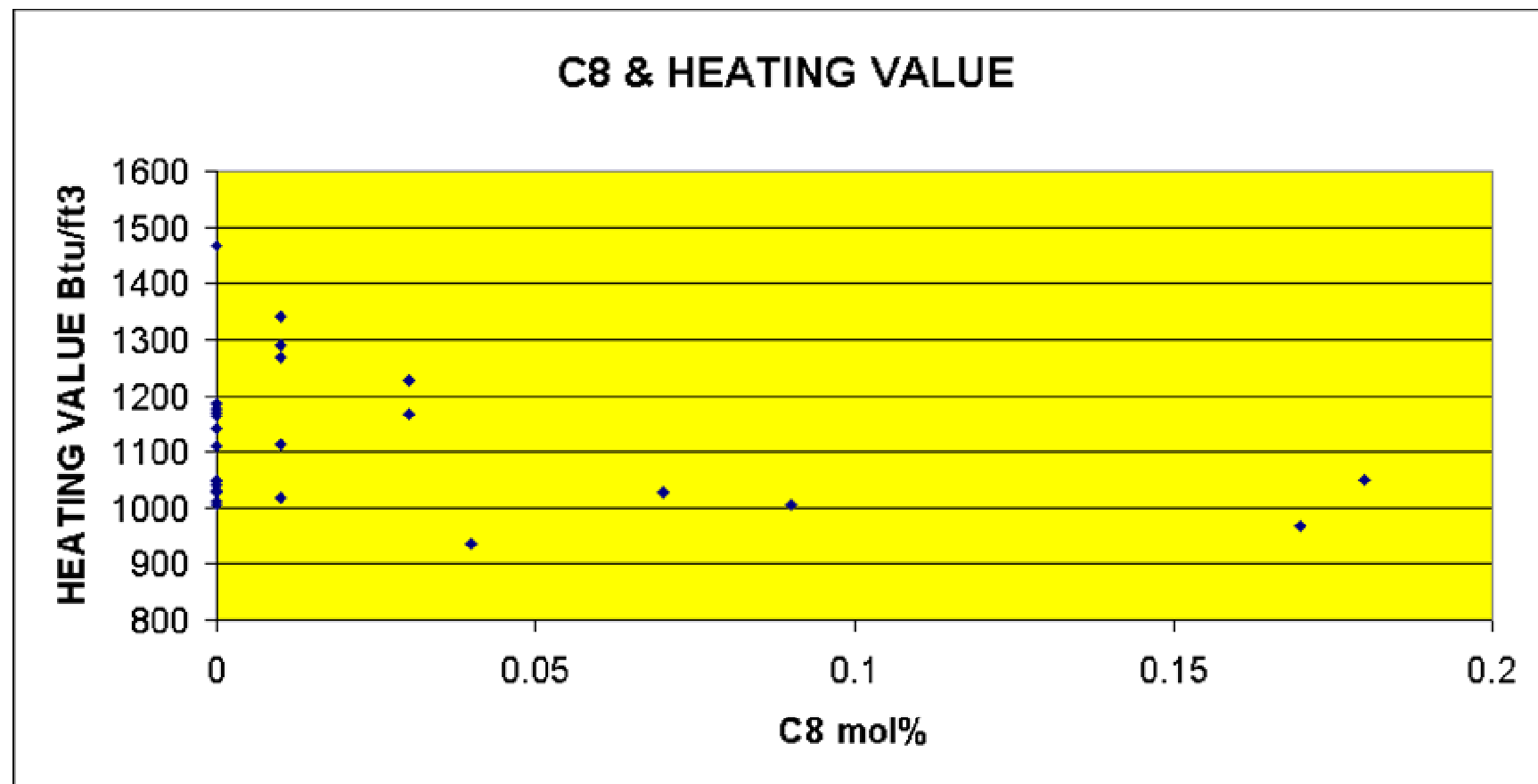




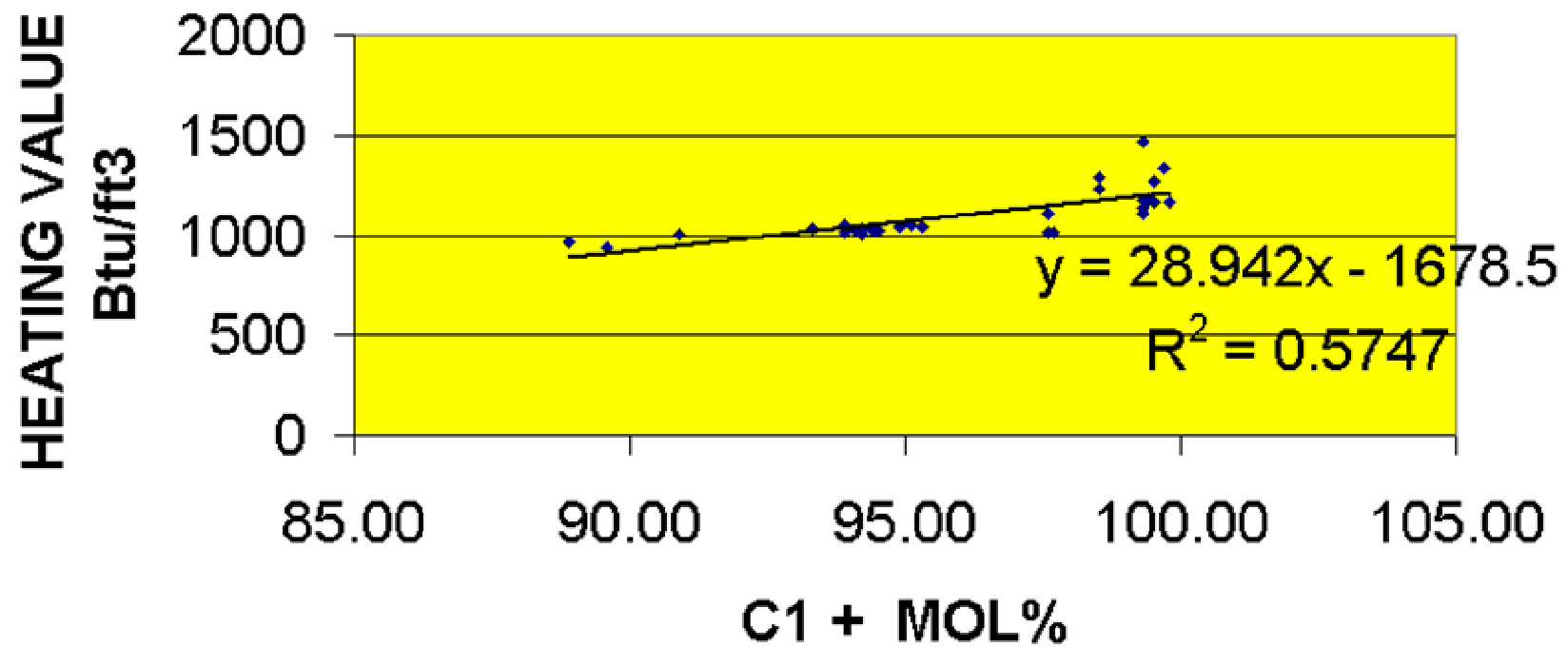




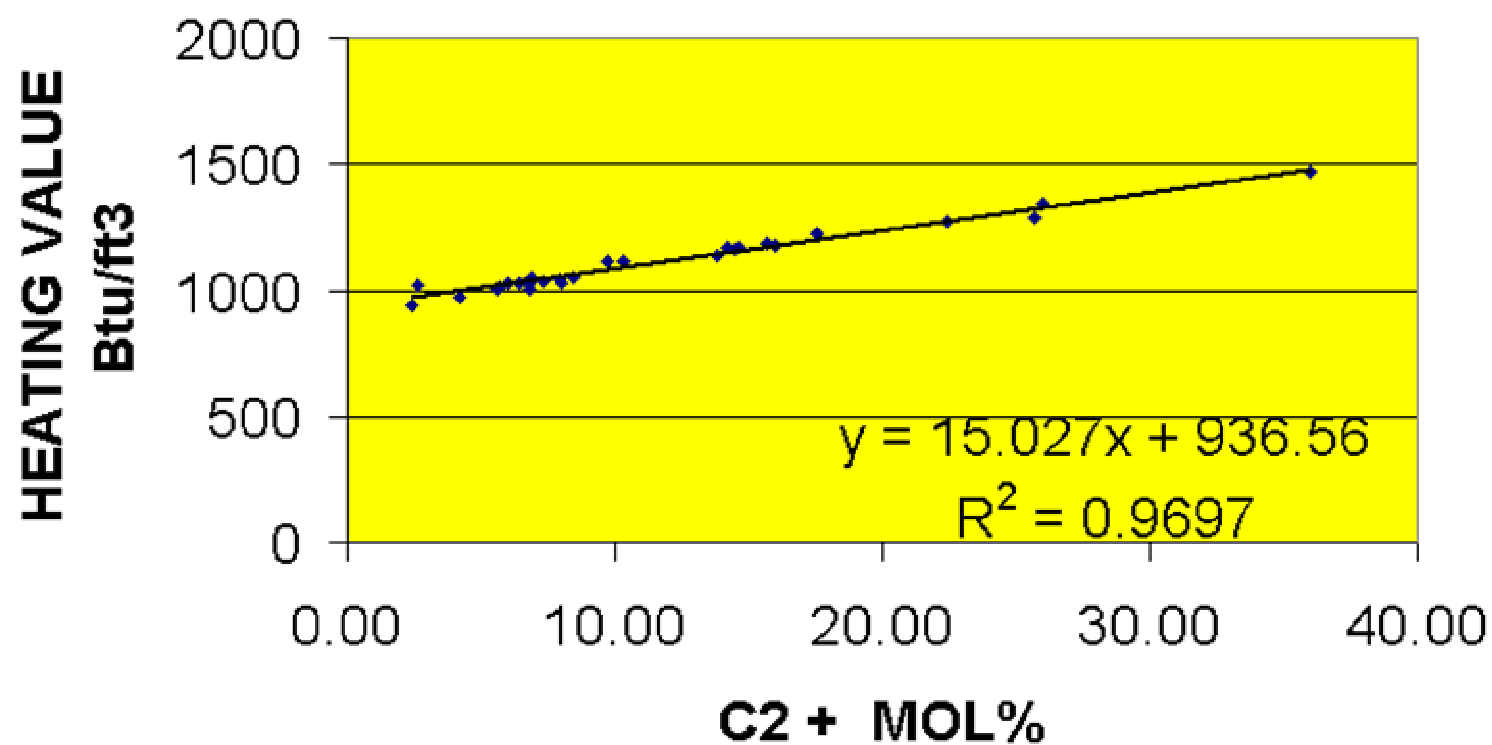


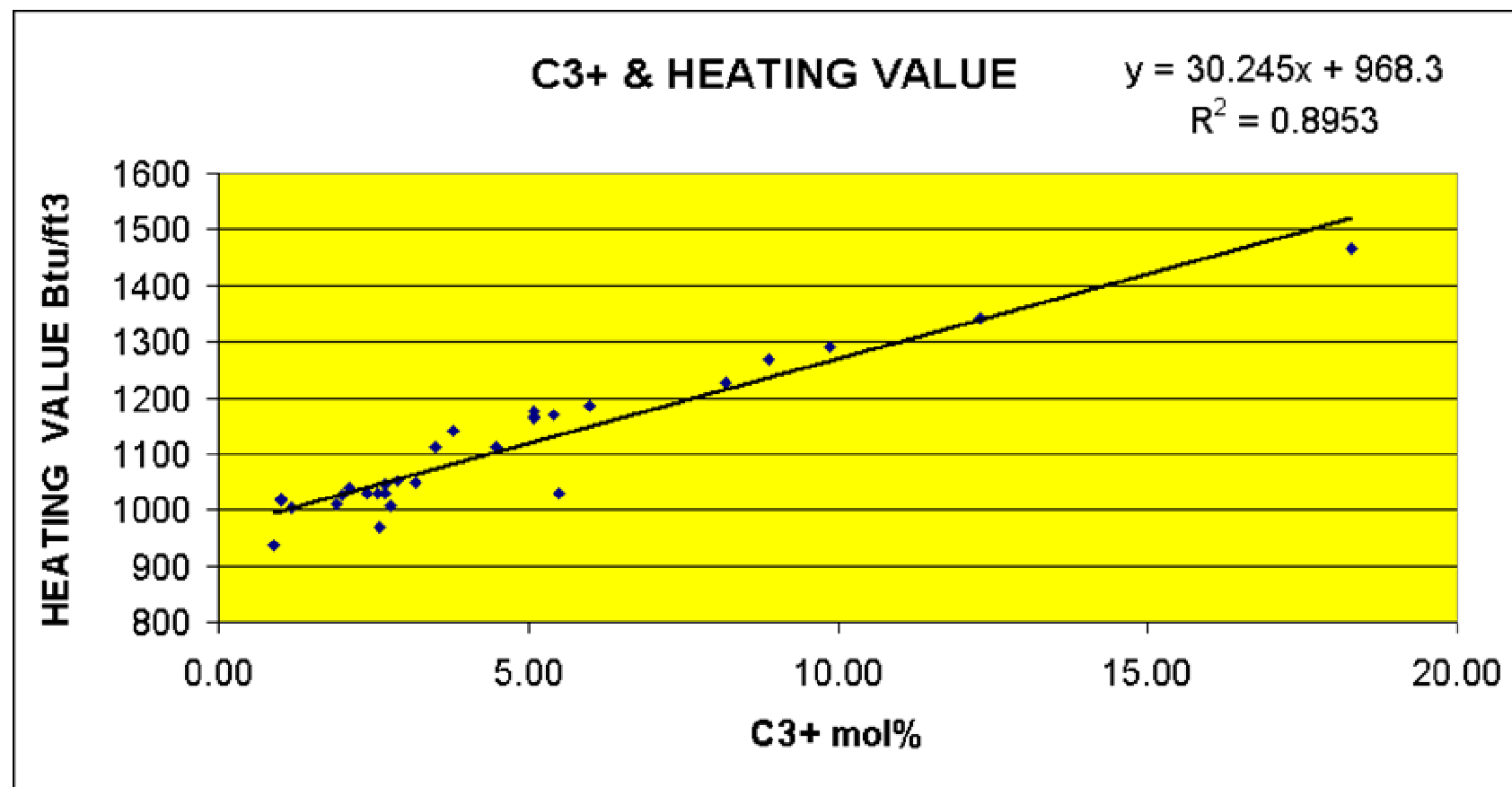


C 1 + & HEATING VALUE

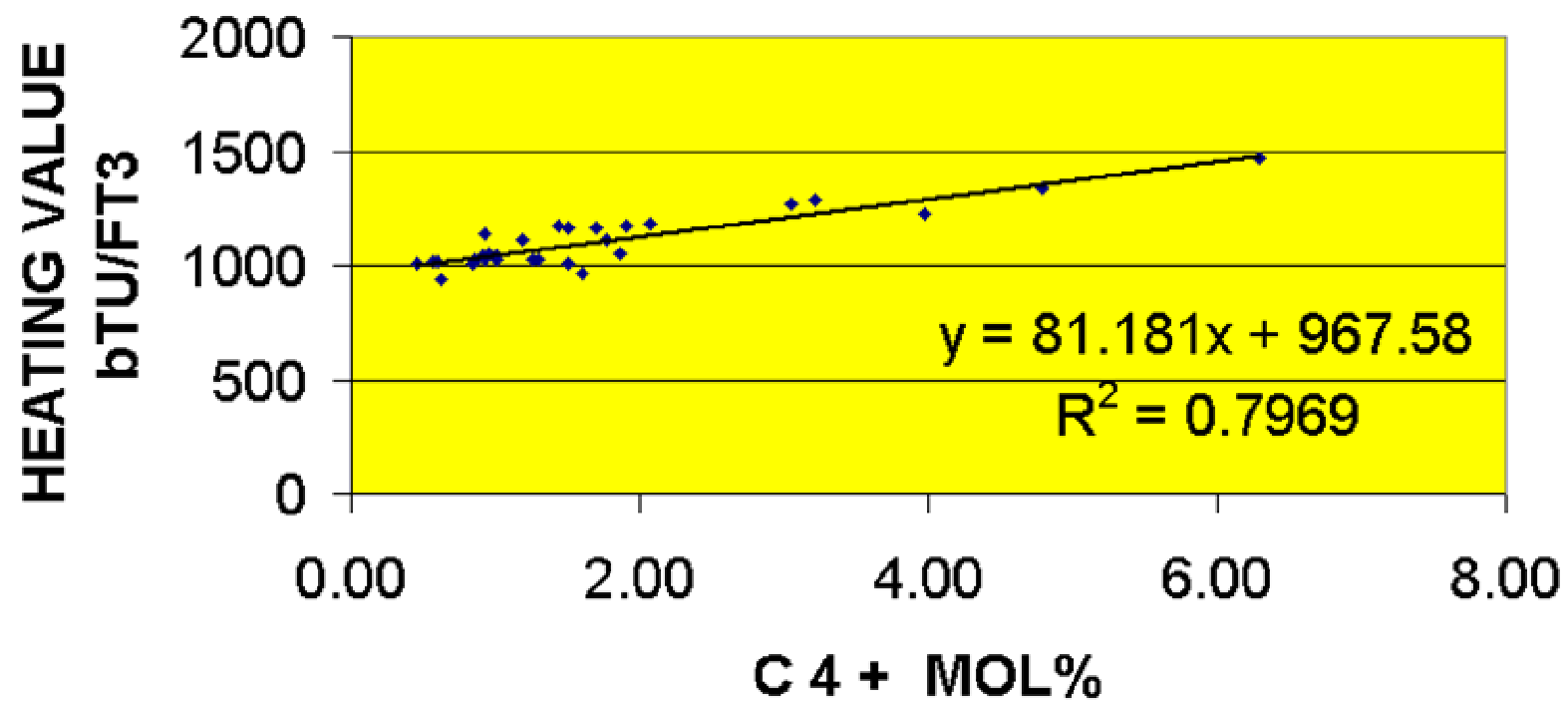


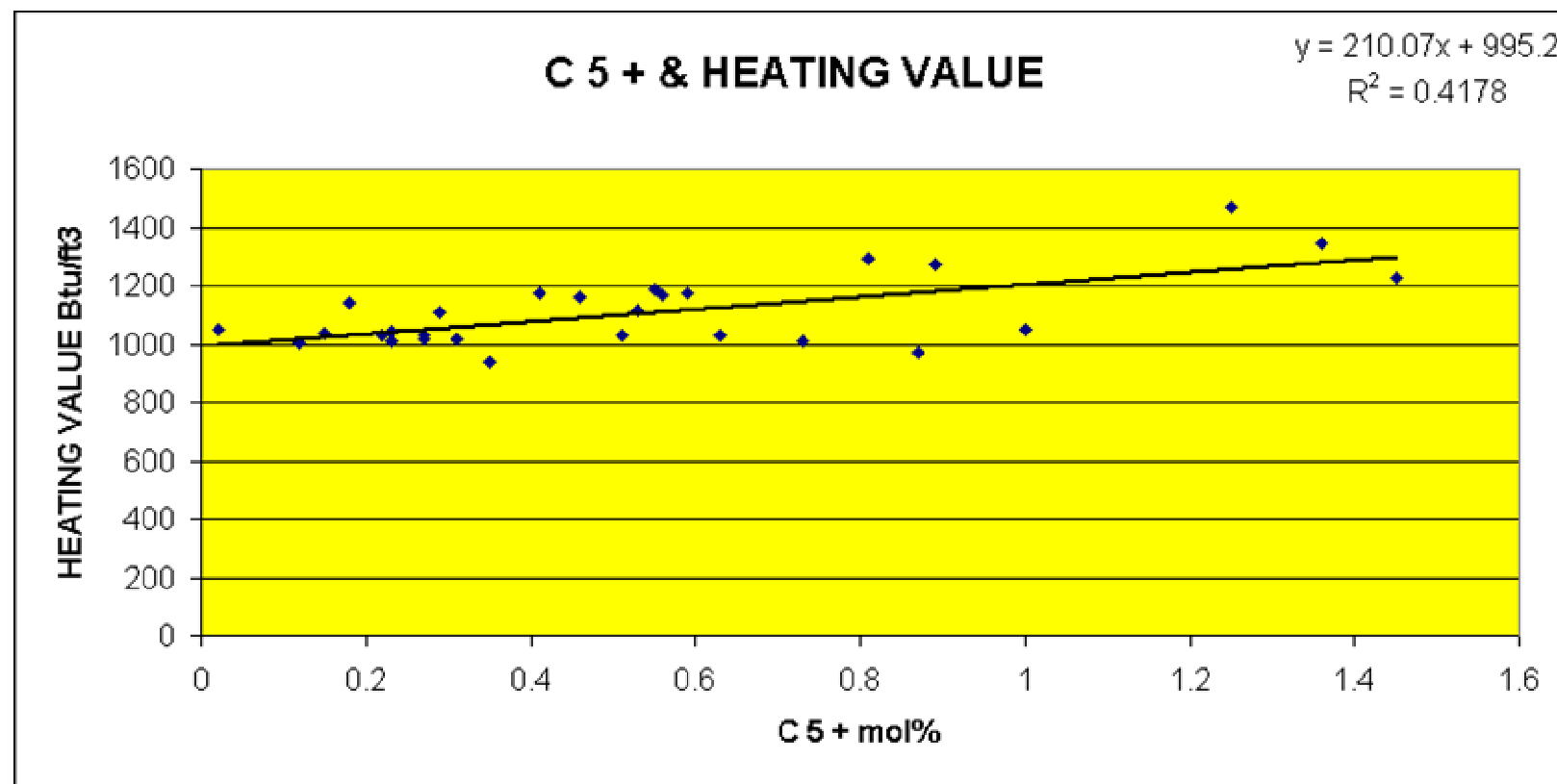
C 2 + & HEATING VALUE

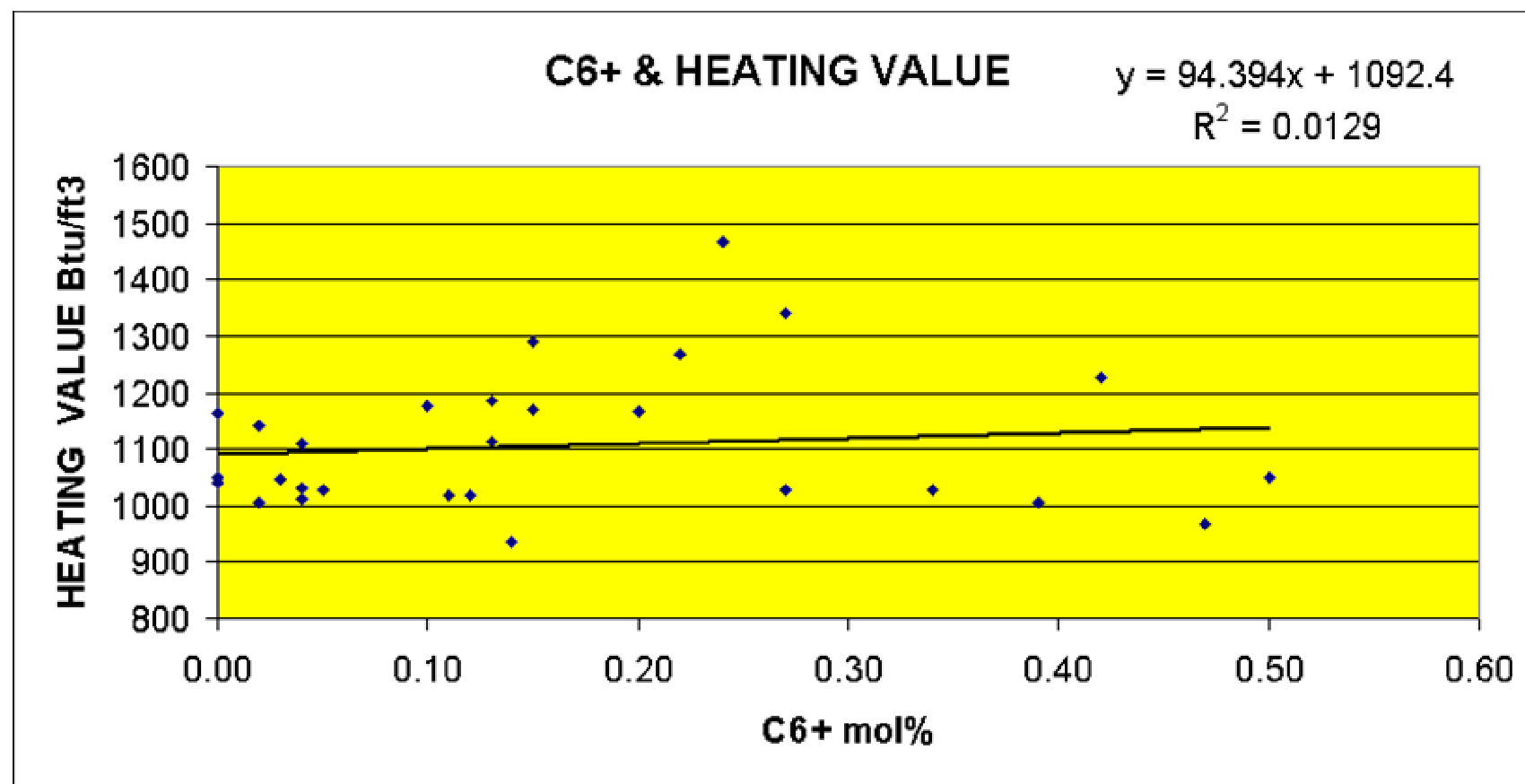


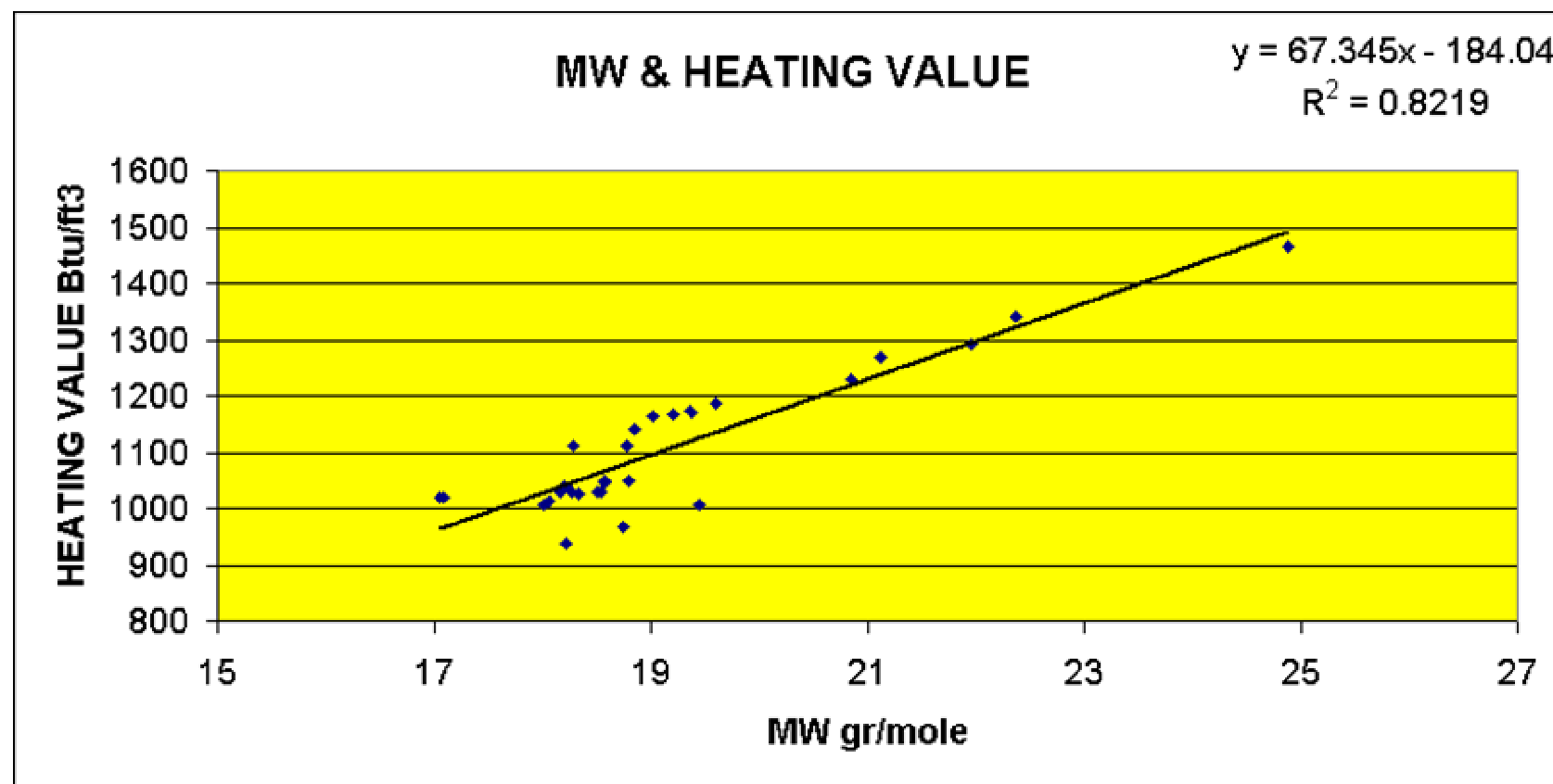


C 4 + & HEATING VALUE

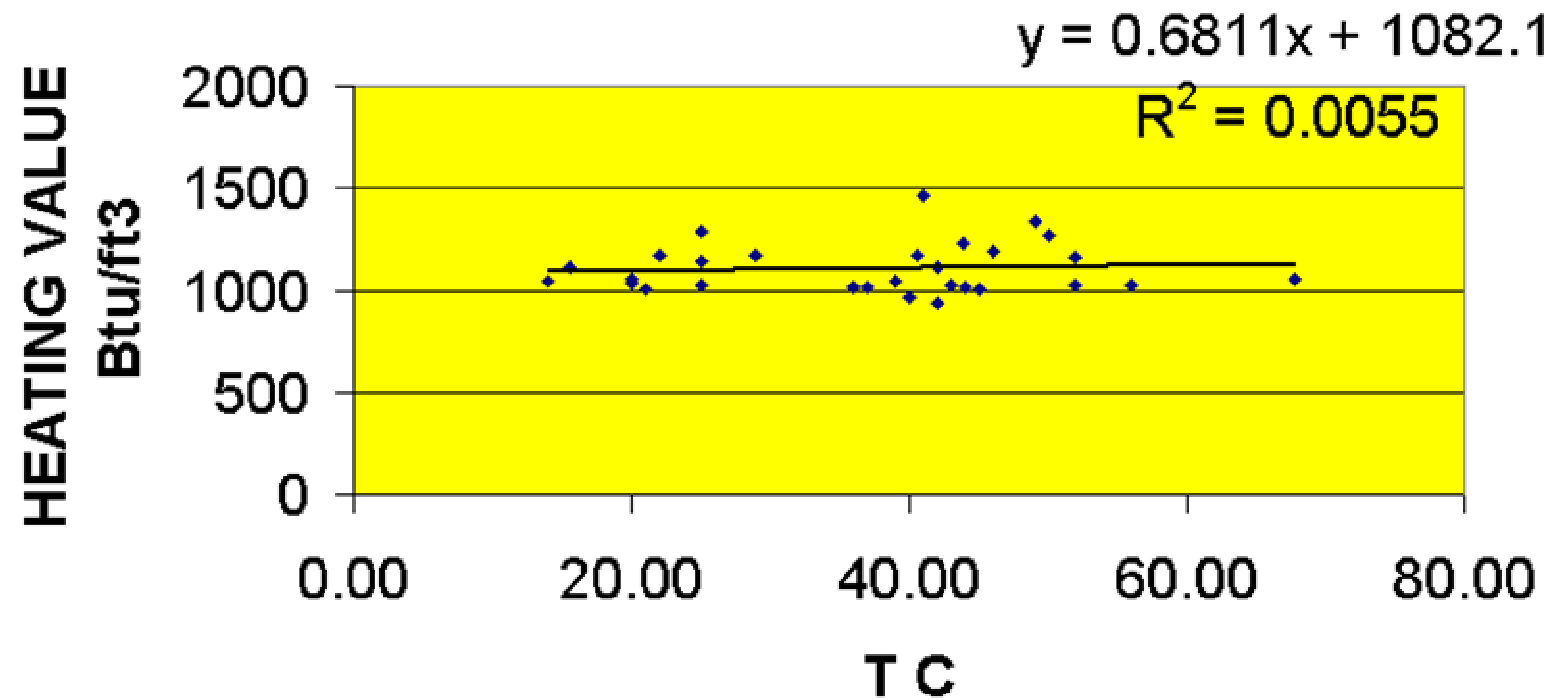








T & HEATING VALUE



P & HEATING VALUE

